



**Richard Daniel
Carvalhais De Jesus**

**Cadeira para auxílio à mobilidade de pessoas
seniores**



**Richard Daniel
Carvalhais De Jesus**

**Cadeira para auxílio à mobilidade de pessoas
seniores**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob orientação científica do Doutor Francisco José Malheiro Queirós de Melo, Professor Associado do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro e co-orientada pelo Doutor Carlos Alberto Moura Relvas, Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro.

O júri / The jury

Presidente / President

Prof. Doutora Margarida Isabel Cabrita Marques Coelho

Professora Auxiliar do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro

Vogais / Committee

Doutor Jaime Miranda Monteiro

Investigador da Universidade do Porto — Faculdade de Engenharia — Inegi – Instituto de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial

Prof. Doutor Francisco José Malheiro Queirós de Melo

Professor Associado do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro (orientador)

Agradecimentos

Agradeço a todas as pessoas que de alguma forma contribuíram na realização desta dissertação, em especial:

- Ao Prof. Doutor Francisco José Malheiro Queirós de Melo e ao Prof. Doutor Carlos Alberto Moura Relvas, pelo auxílio e disponibilidade prestadas;
- Aos elementos do Júri pela generosa disponibilidade;
- Aos meus colegas de curso, pela amizade e pela forma como me acolheram, dando-me valiosas dicas, que me levaram a muitas aprendizagens;
- Aos meus pais, que muito lutaram para este dia chegar. O meu muito obrigado por todo o apoio e carinho que me deram ao longo destes anos;
- Ao meu irmão, que inúmeras vezes não me deixou desistir, ajudando-me de várias formas a alcançar este dia;

Palavras-chave

Cadeira de Rodas, Ergonomia, Adequação Postural, Prescrição, Biomecânica;

Resumo

Ao longo dos tempos as dificuldades encontradas pelos portadores de menor motricidade humana, que necessitam do uso de cadeira de rodas para se locomover, são enormes. A fim de promover um maior conforto e ergonomia ao paciente, o estudo e a pesquisa do tema são essenciais para quebra de tabus e preconceitos que a sociedade ainda tem com o público com necessidades especiais de locomoção.

A proposta de projeto, contempla o desenvolvimento de uma cadeira de baixo custo para pessoas idosas e convalescentes, afim de atender suas atividades no interior de habitações, tais como: a necessidades fisiológicas, higiene corporal, alimentação, ocupação, locomoção e repouso utilizando um único equipamento para todas estas atividades.

O estudo para definir os parâmetros projetais abrangeu uma avaliação ergonômica baseada em observações sistemáticas de situações reais da vida diária de pessoas com diferentes graus de incapacidade física.

Esta cadeira explora o conceito de personalização do produto pelo usuário, através da utilização de diferentes componentes e acessórios acopláveis a uma estrutura básica. Deste modo o usuário ao adquirir a sua cadeira, seleciona os itens mais compatíveis ao seu ser e as condições da sua vida diária.

Keywords

Wheelchair, Ergonomics, Postural Adequacy, Lapsing, Biomechanics;

Abstract

Throughout the ages the difficulties encountered by people with disabilities that require the use of a wheelchair to get around, are huge. In order to promote greater patient comfort and ergonomics, the study and research of the subject are essential for breaking taboos and prejudices that society still has with the public who have special mobility needs.

The proposed project, includes the development of a low cost chair for elderly and dying, in order to meet their activities within dwellings, such as: physiological needs, hygiene, diet, occupation, mobility and rest using a single device for all these activities.

The study to define the parameters projetais covered a workload assessment based on systematic observations of real situations of the daily life of people with varying degrees of disability.

This chair exploits the concept of product customization by the user through the use of various components and accessories attachable to a basic structure. Thus the user to acquire your chair, selects items more compatible to his being the conditions of their daily life.

Palabras Clave

Silla de Ruedas, Ergonomía, Postura Adeuada, Prescripción, Biomecânica;

Resumen

A lo largo de los tiempos las dificultades encontradas por los portadores de menor movilidad humana que necesitan el uso de sillas de ruedas para moverse, son enormes. Con el fin de promover mayor confortabilidad y ergonomía al paciente, el estudio y la investigación del tema son esenciales para romper los tabus y pre-conceptos que la sociedad aun tiene con el público con este tipo de necesidades especiales de locomoción.

La propuesta del proyecto, contempla el desenvolvimiento de una silla de bajo costo para personas ancianas y con covalencia, con el fin de entender sus actividades en el interior de habitaciones, tal como: las necesidades fisiológicas, higiene corporal, alimentación, ocupación, locomoción y descanso utilizando un único equipo para todas estas actividades.

El estudio para definir los parámetros del proyecto contemplo una validación ergonómica basada en observaciones sistemáticas de situaciones reales de la vida diaria de personas con diferentes grados de incapacidad física.

Cada silla explora un concepto de personalización del producto de acuerdo a su utilizador, através de la implementación de diferentes componentes y accesorios acoplables a una estructura básica. De este modo el utilizador al adquirir su silla, selecciona los elementos mas compatibles a sus necesidades y a sus condiciones de vida diaria.

Conteúdo

Lista de Tabelas	ii
Lista de Figuras	iii
Objetivos	1
Diagrama de Gantt	1
1 Introdução	3
1.1 Evolução histórica da cadeira de rodas	10
1.2 Mercado Atual	11
1.2.1 Modelos disponíveis no Mercado	11
1.2.2 Materiais utilizados nos modelos	13
1.2.3 Fontes de alerta de desconforto	15
1.2.4 Componentes numa cadeira de rodas	17
2 Requisitos do Produto	19
2.1 Análise <i>SWOT</i>	20
2.2 Requisitos do Cliente	21
2.3 Levantamento das Necessidades do Cliente	27
2.4 Hierarquização das Necessidades do Cliente	29
2.5 Diagrama de <i>Mudge</i>	30
2.6 Diagrama de <i>Kano</i>	31
2.7 Matriz da Qualidade – <i>QFD</i>	32
2.8 Matriz do Produto	35
3 Especificações do Produto	37
3.1 Ergonomia e Antropometria da Cadeira de Rodas	37
3.2 Arquitetura do Produto	44
3.3 Seleção dos Componentes	45
3.3.1 Apoio dos Pés	45
3.3.2 Apoio dos Braços	46
3.3.3 Apoio das Costas	47
3.3.4 Assentos	48
3.3.5 Rodas Traseiras	49
3.3.6 Rodas Dianteiras	50
3.3.7 Motores	51
3.3.8 Comandos e ergonomia	52

3.3.9	Baterias	53
3.3.10	Acessórios	54
4	Desenvolvimento Conceptual	55
4.1	Geração de Ideias	55
4.2	Modelos CAD	58
4.3	Fotorrealismo	61
4.4	Análise do Conceito	62
4.4.1	Desgaste nas Zonas de Encaixe	62
4.4.2	Rutura da Estrutura	63
4.4.3	Sistema Elétrico	64
5	Projeto Mecânico	65
5.1	Simulação Numérica	65
5.1.1	Simulação da Estrutura	67
5.1.2	Simulação (Estrutura + Assento + A.Costas)	72
5.2	Documentação Técnica	78
6	Proposta	79
7	Conclusão	85
	Referências	87
A	Unidades SI	91
B	Anexos	93
B.1	Anexo 1 – Antropometria	94
B.2	Anexo 2 – Rodas e Rodízios	98
B.3	Anexo 3 – Motores	102
B.4	Anexo 4 – Comandos	106
B.5	Anexo 5 – Baterias	110
B.6	Anexo 6 – Kits motorizados	116
B.7	Anexo 7 – Simulações	120
B.8	Anexo 8 – Fotorrealismo	128
B.9	Anexo 9 – Documentação Técnica	132

Lista de Tabelas

1	Diagrama de <i>Gantt</i>	2
1.1	Formatos de Assentos	16
1.2	Fatores e influências [22].	17
2.1	Abordagem Teórica	21
2.2	Requisitos Bibliográficos	22
2.3	Recomendações Baseadas na Abordagem Prática	23
2.4	Recomendações para o Design Ergonómico	24
2.5	Escolha do Material de fabrico	26
2.6	Necessidades de Postura Sentada por Longos Períodos	27
2.7	Hierarquização das Necessidades	29
2.8	<i>Mudge</i> – priorizado	30
3.1	Tipo de motores [43].	51
3.2	Baterias e preços [47].	53
3.3	Acessórios [48].	54
5.1	Estrutura estática– <i>Solidworks®</i> Report.	67
5.2	Estrutura dinâmica – <i>Solidworks®</i> Report.	70
5.3	Estrutura estática – <i>Solidworks®</i> Report.	72
5.4	Estrutura dinâmica – <i>Solidworks®</i> Report.	75
A.1	Unidades SI	92
A.2	Conversão de Unidades SI	92
A.3	Prefixos SI	92
B.1	Bases Antropométricas para o Design [27].	95
B.2	Padronização das Variáveis Antropométricas da Cadeira [27].	96
B.3	Dimensões Normalizadas NBR-9050:2004 [27].	97

Lista de Figuras

1.1	Grego Hefesto (<i>Hephaistos</i>) [3].	4
1.2	Representação de Hefesto numa confraternização com outros deuses [3].	4
1.3	Um Berço com Rodas [3].	5
1.4	Cadeira de Rodas Especial de Rei [3].	5
1.5	Cadeira de Rodas mais Leve [3].	6
1.6	Cadeiras de Rodas mais Sofisticadas [3].	6
1.7	Cadeira de Rodas Auto-Manobrável [3].	7
1.8	A Modernidade Inicial das Cadeiras de Rodas [3].	7
1.9	Cadeiras de Rodas para Desportos [3].	8
1.10	Cadeiras de Rodas em Regiões Economicamente Carenciadas [4].	8
1.11	Motorizadas e mais Modernas [3].	9
1.12	Cadeiras de Rodas Especiais [3].	9
1.13	Ciclo de vida do Produto – <i>Roy (1984)</i> [6].	10
1.14	Cadeiras de Secretaria [7].	11
1.15	Cadeiras Elétricas [8].	11
1.16	Protótipos existentes [8].	12
1.17	Materiais existentes.	13
1.18	Relação de desconforto com a morfologia da cadeira [14].	15
1.19	Forças atuantes na pélvis (Postura sentada) [14].	15
1.20	Técnicas de Propulsão [18].	16
1.21	Componentes da cadeira de rodas	18
2.1	Produto – Cadeira	19
2.2	<i>SWOT</i> – Cadeira	20
2.3	Análise do Produto	28
2.4	<i>Mudge</i> – Cadeira	30
2.5	Diagrama de <i>Kano</i>	31
2.6	<i>QFD</i> – Cadeira	33
2.7	Priorização revista	34
2.8	Qualidade do Produto	34
2.9	Matriz do Produto	35
2.10	Importância das Partes	36
3.1	Transposição de obstáculos isolados [28].	37
3.2	Manobra de cadeira de rodas sem deslocamento [28].	38
3.3	Manobra de cadeiras de rodas com deslocamento [28].	38
3.4	Altura e profundidade lateral [28]	38

3.5	Alcance frontal [28].	39
3.6	Superfície de trabalho [28].	40
3.7	Cadeira de Descanso – <i>Grandjean(1973)</i> [30].	40
3.8	Modelo Biomecânico [31].	41
3.9	Mudanças de ângulos do tronco [31].	42
3.10	Arquitetura do Produto	44
3.11	Apoio dos Pés (Footrest Cam Lock) [36].	45
3.12	Apoio dos Braços (Armrest Assembly Parts) [37].	46
3.13	Apoio das Costas (Back Upholstery for Wheelchairs) [38].	47
3.14	Assentos (Seat Upholstery for Wheelchairs) [39].	48
3.15	Profundidade do Assento [33].	48
3.16	Rodas Traseiras (Pneumatic Tires) [40].	49
3.17	Acessórios Rodas [40].	49
3.18	Rodas Dianteiras (Poly Foam Filled Tires) [42].	50
3.19	Comandos – <i>Joystick</i> [45].	52
3.20	Comandos – <i>Controlbutton</i> [45].	52
3.21	Comandos – <i>Head array</i> [46].	52
4.1	Ergonomia e Design (esboços iniciais).	55
4.2	<i>Mind Map</i> – Mercado.	56
4.3	Morfologia Estrutural.	56
4.4	Protótipos.	57
4.5	Proposta 1.	58
4.6	Proposta 2.	59
4.7	Proposta 3.	59
4.8	Proposta 4.	60
4.9	Proposta 5.	60
4.10	Modelo final proposto.	61
4.11	Modelo final proposto e a sua comparação com um modelo tradicional. . .	61
4.12	Desgaste nas Zonas de Encaixe.	62
4.13	Rutura da Estrutura.	63
4.14	Sistema Elétrico.	64
5.1	Diagrama do corpo livre para o fêmur [13].	65
5.2	Determinação do centro de massa [13].	65
5.3	Delimitação do corpo livre e forças [13].	66
5.4	Diagrama de corpo livre [13].	66
5.5	Simulação Estática (Deslocamento).	68
5.6	Simulação Estática (Tensão).	69
5.7	Simulação Dinâmica (Deslocamento).	71
5.8	Simulação Dinâmica (Tensão).	71
5.9	Simulação Estática com Assento (Deslocamento).	73
5.10	Simulação Estática com Assento (Tensão).	73
5.11	Simulação Dinâmica com Assento (Deslocamento).	76
5.12	Simulação Dinâmica com Assento (Tensão).	76
5.13	Diagrama de corpo livre com inclinação.	77
6.1	Produto Final.	79

6.2	Diversidade de escolhas de baterias, afetando o aspeto e o peso final. . . .	80
6.3	Componentes normalizados.	80
6.4	Componentes para acoplagem.	81
6.5	Comando – <i>Joystick</i>	81
6.6	Componentes para o conforto.	82
6.7	Diversidade de matérias	83
6.8	Encaixes rápidos	83
B.1	Rodas e Rodízios [41].	99
B.2	Rodas e Rodízios [41].	100
B.3	Rodas e Rodízios [41].	101
B.4	Motor 150W [43].	103
B.5	Motor 300W [43].	104
B.6	Motor double shaft 300W [43].	105
B.7	Comando Shark [56].	107
B.8	Comando LinX [56].	108
B.9	Comando DX [56].	109
B.10	Bateria 12V – 35Amp [55].	111
B.11	Bateria 12V – 50Amp [55].	112
B.12	Bateria 12V – 55Amp [55].	113
B.13	Bateria 12V – 50Amp 26.6kg (<i>Surace</i>).	114
B.14	Bateria 12V – 6Amp 2.3kg (<i>Yuasa</i>).	114
B.15	Bateria 12V – 2.4Amp – 760gr (<i>Texecom</i>).	114
B.16	Comparativo entre baterias de 12V, com diferentes amperes.	115
B.17	Controle e rodas motorizada (preço 150 – 200\$) [54].	117
B.18	Controlador – <i>GoldenMotor</i> [54].	118
B.19	Carregador – <i>GoldenMotor</i> [54].	119
B.20	Malha e material da estrutura.	121
B.21	Malha e material dos apoios (costas e assento).	122
B.22	Simulação Dinâmica Deformação – Caso rodas dianteiras fixas.	123
B.23	Simulação Dinâmica Tensão – Caso rodas dianteiras fixas.	124
B.24	Simulação Dinâmica Deformação – Caso rodas traseiras fixas.	125
B.25	Simulação Dinâmica Tensão – Caso rodas traseiras fixas.	126
B.26	Simulação Dinâmica Tensão no assento em <i>PE (PEAD)</i>	127
B.27	Fotorrealismo – Modelo proposto (cadeira de estar).	129
B.28	Fotorrealismo – Modelo proposto (cadeira com rodas – 1).	129
B.29	Fotorrealismo – Modelo proposto (cadeira com rodas – 2).	130
B.30	Fotorrealismo – Modelo proposto (com “Ergo-man”).	130
B.31	Fotorrealismo – Modelo proposto (Assento modular – tipo 1).	131
B.32	Fotorrealismo – Modelo proposto (Assento modular – tipo 2).	131
B.33	Roda traseira – Modelo proposto ($\pm 1750gr$).	133
B.34	Roda dianteira – Modelo proposto ($\pm 910gr$).	133
B.35	Motor 300W ($\pm 7500gr$).	134
B.36	Comando (Joystick) – Modelo proposto ($\pm 350gr$).	134
B.37	Lista de componentes do Modelo Proposto.	135

Objetivos

O objetivo geral do projeto é permitir às pessoas portadoras de deficiência física com algum potencial de locomoção, uma melhor qualidade de vida. Além disso, é necessário garantir uma deslocação sadia, isto é, que não traga prejuízos à reabilitação por motivo de outros tipos de doenças associadas à má postura.

Pretende-se com este equipamento, proporcionar a pessoas dotadas de mobilidade reduzida (por exemplo, seniores, eventualmente em convalescença de recuperação por cirurgia ortopédica) e assegurar-lhes um transporte agradável de utilizar apenas no interior de lares de repouso. Não se trata de oferecer uma cadeira de rodas (o que pode induzir ao utente a sensação de invalidez), mas sim um equipamento com design agradável, dotado de comandos simples e de fácil aprendizagem, limitados a marcha à frente mas com grande capacidade de viragem, quase rodando sobre si próprio.

O acionamento será efetuado por dois pequenos motores de corrente contínua acionando duas rodas traseiras de modo independente, o que proporciona efeito diferencial sem dificuldade construtiva. Tais motores podem obter-se do vulgar equipamento de limpa vidros ou elevadores de janela nos automóveis, dado que dispõe de elevado binário, baixo consumo e uma velocidade compatível com a do sistema que se pretende projetar.

Duas rodas dianteiras com *self-castoring* (livres de girar) dispensam o sistema de direção, sendo possível ao utente com apenas uma pequena alavanca controlar o sentido de marcha por alteração da rotação dos motores de acionamento (basta travar um que a cadeira gira quase sobre si própria).

Principais tarefas

1. Análise do estado do conhecimento e produtos disponíveis; Estudo das tecnologias de mobilidade e soluções estéticas;
2. Estudo preditivo da velocidade e potência de acionamento; Elaboração do sistema de transmissão; Análise de soluções alternativas; Desenho prévio da estrutura de suporte; Cálculos prévios (resistência estrutural, em regime estático e dinâmico, sendo esta última etapa referente a acelerações muito moderadas, como uma pequena travagem ou aceleração intempestiva, o que será evitado no sistema motriz);
3. Uso de ferramentas de desenho avançado e cálculo estrutural (Solidworks® e análise por elementos finitos);
4. Desenhos finais, revisão de soluções construtivas e escrita da tese;

Diagrama de *Gantt*

- É uma ferramenta tradicional para representar a duração e sequência das tarefas num projeto de desenvolvimento de produto.
- Para cada linha é representada a tarefa através de uma barra em branco com o seu início, fim e respetiva sequência.
- O avanço da execução da tarefa é representado pelo preenchimento da barra a cinzento e o total a preto.¹

Tabela 1: Diagrama de *Gantt*

Nº Tarefa	Tarefa	Início	Fim	Duração (dias úteis)	% Complete	2013				
						Jun	Jul	Aug	Sep	Oct
	Cadeira para auxílio à mobilidade de pessoas Seniores	15/6/13	21/10/13	91						
1	Enquadramento	15/6/13	24/7/13	28						
1.1	Introdução	15/6/13	20/6/13	4						
1.2	Objetivos	20/6/13	20/6/13	1						
1.2.1	Diagrama de Gantt	20/6/13	20/6/13	1						
1.3	Estado da arte	21/6/13	26/6/13	4						
1.3.1	Identificação das Existenciais	22/6/13	25/6/13	2						
1.3.2	Materiais	24/6/13	24/6/13	1						
1.3.3	Análise SWOT	21/6/13	26/6/13	4						
1.4	Requisitos do cliente	12/7/13	24/7/13	9						
1.4.1	Necessidades do Cliente	15/7/13	15/7/13	1						
1.4.2	Hierarquização dos Requisitos	12/7/13	17/7/13	4						
1.4.2.1	Diagrama de Mudge	12/7/13	16/7/13	3						
1.4.2.2	Diagrama de Kano	15/7/13	17/7/13	3						
1.4.3	Matriz QFD	15/7/13	24/7/13	8						
2	Parâmetros do Produto	8/7/13	30/7/13	17						
2.1	Informação Benchmarking	8/7/13	9/7/13	2						
2.2	Construção da Matriz QFD	9/7/13	12/7/13	4						
2.3	Definir Valores Especificações	14/7/13	30/7/13	12						
3	Gerar e Selecionar os Conceitos do Produto	30/7/13	6/9/13	29						
3.1	Geração dos Conceitos	30/7/13	31/7/13	2						
3.2	Classificação / Tabela de Combinações	1/8/13	1/8/13							
3.3	Seleção dos Conceitos (Matriz)	3/8/13	4/8/13							
3.4	Testar os Conceitos	5/9/13	5/9/13							
3.5	Estimação da quantidade vendida	6/9/13	6/9/13	1						
4	Definição da Arquitetura do produto	8/9/13	10/9/13	2						
5	Estudo de Design	11/9/13	22/9/13	8						
5.1	Design Industrial	11/9/13	15/9/13	3						
5.2	Design Fabricação (DFA index,DFM)	16/9/13	20/9/13	5						
5.3	Design Robusto (TPA, FMEA)	21/9/13	23/9/13							
5.4	Análise Funcional	22/9/13	22/9/13							
6	Estudo Mecânico	29/9/13	7/10/13	6						
6.1	Velocidade e Potência de Acionamento	29/9/13	6/10/13	5						
6.1.1	Sistema De Transmissão	29/9/13	29/9/13							
6.1.2	Desenho da Estrutura de Suporte	1/10/13	1/10/13	1						
6.1.3	Resistência Estática e Dinâmica	3/10/13	6/10/13	2						
6.2	Cálculo Estrutural (MDSolid)	7/10/13	7/10/13	1						
7	Modelação 3D	10/10/13	18/10/13	7						
7.1	Desenho Avançado (SolidWorks)	10/10/13	10/10/13	1						
7.2	CAD	11/10/13	16/10/13	4						
7.3	Desenhos Finais	16/10/13	16/10/13	1						
7.4	Soluções Construtivas	18/10/13	18/10/13							
8	Escrita da Tese	15/6/13	21/10/13	91						
8.1	Formatação Documento (LaTeX)	15/6/13	21/10/13	91						

¹ Para a criação do Diagrama e outras figuras, foi utilizado o Software – *SmartDraw*.

Capítulo 1

Introdução

Designa-se por tecnologia assistiva (português brasileiro) ou tecnologia de apoio (português europeu), aos produtos, dispositivos, técnicas e processos que podem prover assistência, reabilitação e melhorar a qualidade de vida de pessoas com algum tipo de deficiência ou limitação, procurando o seu conforto, bem estar e autonomia [1].

No caso das cadeiras de rodas, a pressão exercida sobre o assento não deve ser concentrada, pois pode acarretar danos ao utilizador, tais como: postura inadequada (contraturas, deformidades), prejuízo nas funções básicas (respiração, nutrição pela dificuldade de deglutição), alteração no sistema circulatório (dificuldade no retorno venoso) e surgimento de dores. Estes danos podem-se refletir diretamente em aspectos psicossociais e diminuir a qualidade de vida do utilizador [1].

Neste contexto, são necessárias ferramentas de monitorização para avaliação do funcionamento e da qualidade destes produtos de tecnologia assistiva. Nesta dissertação desenvolveu-se um sistema composto por pequenos motores, sistema de comando similar a um “joystick”, para a realização de movimentos simples e um design mais ergonómico, tendo em conta as normas para o cuidado de pessoas com deficiência motora. Foram realizados estudos estruturais no design para avaliação, teste, ajuste e validação do sistema. Com o desenvolvimento do sistema pretende-se introduzir e difundir tecnologias ainda pouco aplicadas neste âmbito.

Acredita-se que este sistema possa tornar-se importante uma vez que permite testar a ergonomia, bem como a qualidade de produtos que possuam interface com o corpo humano. Estes produtos são, como por exemplo, assentos (cadeiras, poltronas, bancos automotivos), acessórios (bolsas, mochilas, calçados), sistemas de controlo (maçanetas, alavancas, joysticks, painéis), entre outros.

Para ter uma ideia clara quanto à evolução, foram efetuadas cansativas pesquisas em bibliotecas de Faculdades de Medicina e em áreas específicas, como fisioterapia, terapia ocupacional, entre outras. Vale a pena lembrar que pode encontrar-se por diversos sites da internet muitas ilustrações que serviram de base para um estudo mais aprofundado. No entanto, não deixamos de parte a ideia de que não deve ser o utilizador a escolher a cadeiras, mas sim os fisioterapeutas e médicos, pois possuem os conhecimentos adequados às necessidades dos pacientes [2].

Introduzindo uma espécie de resumo sobre relevantes tópicos e ilustrações de cadeiras de rodas (ao longo da sua historia desde seu surgimento). Não é difícil imaginar que existia uma necessidade urgente de movimentar uma pessoa acidentada ou doente, com mais facilidade do que pegá-la pelas pernas, pelos braços ou colocá-la nos ombros, desde os primeiros dias do homem sobre a Terra [3; 4].

No entanto, é impossível detetar em que momento algum inventivo ser humano notou que, colocando rodas sob um assento ou sob uma cama em que a pessoa estivesse acomodada, a tarefa seria menos cansativa, muito mais facilitada e exigia muito menor esforço; além disso, provocaria menor dor e desconforto para o transportado [3; 4; 5].

- **Uma das Primeiras Ilustrações da Cadeira de Rodas**

Uma das primeiras e alegóricas gravuras de uma cadeira de rodas, está num vaso grego do século IV AC (Figura 1.1). Nela aparece muito claramente *Hefesto* (*Hephaistos*), o deus grego da metalurgia e das artes mais finas, comodamente sentado numa cadeira de rodas com aros (inovador) e acionada por dois cisnes (muito imaginativo), ou seja, ideia de uma cadeira de rodas auto-propulsionada, anfíbia e que não exigia esforço por parte do ocupante.



Figura 1.1: Grego Hefesto (*Hephaistos*) [3].

Este mitológico deus grego foi sempre considerado na cultura grega antiga, como muito competente na sua profissão, tendo inclusivamente criado umas lindas jovens de metal dourado, que o assistiam. Estas assistentes tinham ainda a particularidade de serem articuladas, inteligentes e robotizadas (Figura 1.2).



Figura 1.2: Representação de Hefesto numa confraternização com outros deuses [3].

Existe outra ilustração no bocal de um vaso grego, mais ou menos da mesma época e que certamente levou em consideração a primeira representação da cadeira de rodas de *Hefesto*, que nos mostra o deus metalúrgico, devidamente integrado entre seus demais “colegas” do Olimpo. É um verdadeiro exemplo de inclusão social entre os deuses principais da mitologia grega A.C.

- **Um Berço com Rodas**

A ilustração a seguir é mais antiga que o primeiro exemplo, tendo sido pintada num vaso grego do século VI A.C. e que mostra a combinação de uma cama infantil com rodinhas (Figura 1.3). É um exemplo notável de uma primeira adaptação de móveis com rodas na cultura grega de séculos A.C.



Figura 1.3: Um Berço com Rodas [3].

- **Cadeira de Rodas Especial de Rei**

Poucas são as ilustrações de cadeiras de rodas antigas que chegaram até aos nossos dias, por isso mesmo vale a pena divulgá-las. *O Disability Museum* dispõe de exemplos bastante notórios a partir do século XII. De séculos posteriores, uma das cadeiras mais marcantes pode ser observada na Figura 1.4, inserida numa obra da *Dra. Sawatzky*, ortopedista canadiana, de Vancouver, e que mostra a cadeira utilizada em 1595 pelo Rei Felipe II de Espanha.



Figura 1.4: Cadeira de Rodas Especial de Rei [3].

- **Cadeira de Rodas mais Leve**

Houve, com o passar dos anos muitas famílias ricas que encomendaram cadeiras de rodas, adaptadas às suas posses, que estivessem de acordo com as necessidades e ao estilo de vida dos seus membros (Figura 1.5). Isso aconteceu por diversos séculos, durante os quais não havia a produção sistemática de cadeiras de rodas.



Figura 1.5: Cadeira de Rodas mais Leve [3].

- **Cadeira de Rodas mais Sofisticada**

Neste caso quase que se pode chamar de “poltrona” móvel, com duas rodas maiores sob o assento e duas menores para garantir facilidade de movimentação. Tinha acabamentos em vime da Índia, pesando mais ou menos $25kg$. Podia ter ou não sistema de propulsão ao lado das rodas, contudo era normalmente movimentada por outra pessoa. Sendo inexistente a produção em série de cadeiras de rodas, algumas mais sofisticadas foram fabricadas por encomenda, numa base individual.

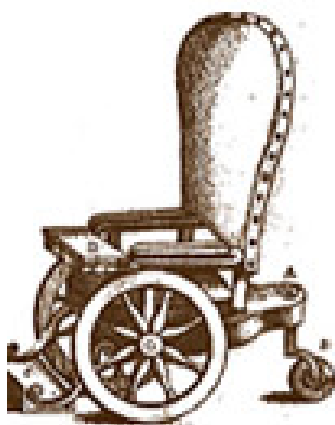


Figura 1.6: Cadeiras de Rodas mais Sofisticadas [3].

Em muitos casos havia a preocupação com o conforto da pessoa, conforme podemos notar pelas características da cadeira na Figura 1.6, com duas das rodas providas de aros e uma menor para tornar mais fácil o rumo a ser tomado. Era facilmente manobrável e isto já no século XVIII.

- **Cadeira de Rodas Auto-Manobrável – Stephen Farfler**

Podemos, claro, encontrar inventivos utilizadores de cadeiras de rodas que criaram os seus próprios modelos. Em 1655, *Stephen Farfler*, um relojoeiro paraplégico, criou aos 22 a sua própria cadeira de rodas. O confortável modelo era movimentado pelo próprio usuário (Figura 1.7). Utilizava os dois braços e não requeria qualquer ajuda em terreno plano, desde que não houvesse barreiras arquitetónicas como as que existem hoje em dia.

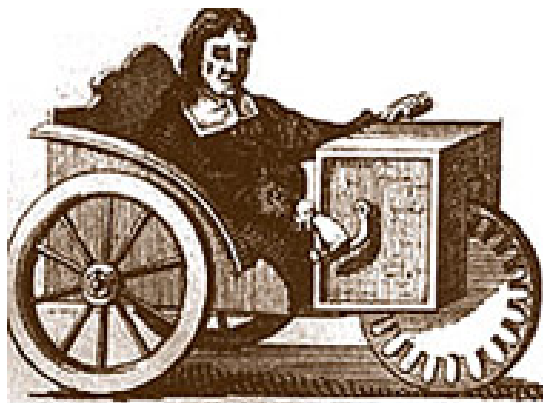


Figura 1.7: Cadeira de Rodas Auto-Manobrável [3].

- **A Modernidade Inicial das Cadeiras de Rodas**

Num passo decisivo para o desenvolvimento de cadeiras de rodas mais versáteis, no ano de 1933 o norte – americano *Herbert A. Everest*, encomendou uma cadeira de rodas que poderia ser levada num automóvel. O engenheiro *H.C. Jennings* construiu para ele a primeira cadeira de rodas dobrável (Figura 1.8). Este modelo, devidamente patenteado como muitos outros modelos, foi utilizado por décadas, com a marca *Everest-Jennings*, antes de surgirem outras no mercado.



Figura 1.8: A Modernidade Inicial das Cadeiras de Rodas [3].

- **Cadeiras de Rodas para Desportos**

Existem adaptações para tornar as cadeiras de rodas ágeis e seguras em determinados desportos, tais como: as corridas, maratonas, basquetebol e ténis em cadeiras de rodas. Há modelos surpreendentes, criados em várias partes do mundo e que são muito leves, com eixos especiais e com menor proximidade do solo (Figura 1.9).



Figura 1.9: Cadeiras de Rodas para Desportos [3].

- **Cadeiras de Rodas em Regiões Economicamente Carenciadas**

David Werner no seu livro *Nothing About Us Without Us* [4], apresenta diversas ilustrações a respeito de várias tecnologias adaptadas a situações de extrema carência de recursos, uma delas relaciona-se a modelos alternativos de cadeiras ou assentos com rodas como se pode observar na Figura 1.10.



Figura 1.10: Cadeiras de Rodas em Regiões Economicamente Carenciadas [4].

David Werne, com a sua vasta experiência em regiões montanhosas e pobres, defende a individualização das cadeiras, porque, segundo afirma, “uma criança com deficiência não é um saco de batata”. Além disso, há que se considerar que as necessidades de cada criança são sempre de alguma forma diferentes.

- **Motorizadas e mais Modernas**

Com o avanço industrial e com o surgimento de matéria-prima muito mais moldável e leve, além de muita maior demanda, as cadeiras de rodas evoluíram de uma forma surpreendente desde as primeiras Décadas do Século XX (Figura 1.11).



Figura 1.11: Motorizadas e mais Modernas [3].

Seria uma tarefa exaustiva apresentar todos os modelos existentes, desde as manuais, dobráveis ou não, às hospitalares, às adaptadas a situações específicas e também às motorizadas, que aos poucos vão tomando conta do mercado, etc.

- **Cadeiras de Rodas Especiais**

Há modelos para muitos gostos e necessidades (Figura 1.12). De triciclos (*scooters*) existem centenas de modelos, cores e estilos em todo mundo. Há cadeiras de rodas para todos os terrenos e superação de obstáculos (em pisos planos e irregulares), incluindo as cadeiras especiais para subir escadas. O importante é que elas não sejam confinadoras, mas libertadoras das pessoas que as utilizam.



Figura 1.12: Cadeiras de Rodas Especiais [3].

1.1 Evolução histórica da cadeira de rodas

A análise do desenvolvimento histórico do produto, mesmo sem saber a data exata de lançamento dos modelos das cadeiras de rodas, foi possível por meio da recolha de informação e em conjunto com estudos de *Roy (1984)* [6], como se observa na Figura 1.13. É possível observar a evolução histórica, determinando os modelos que teriam, teoricamente, gerado a criação de novos modelos, conforme cada época.

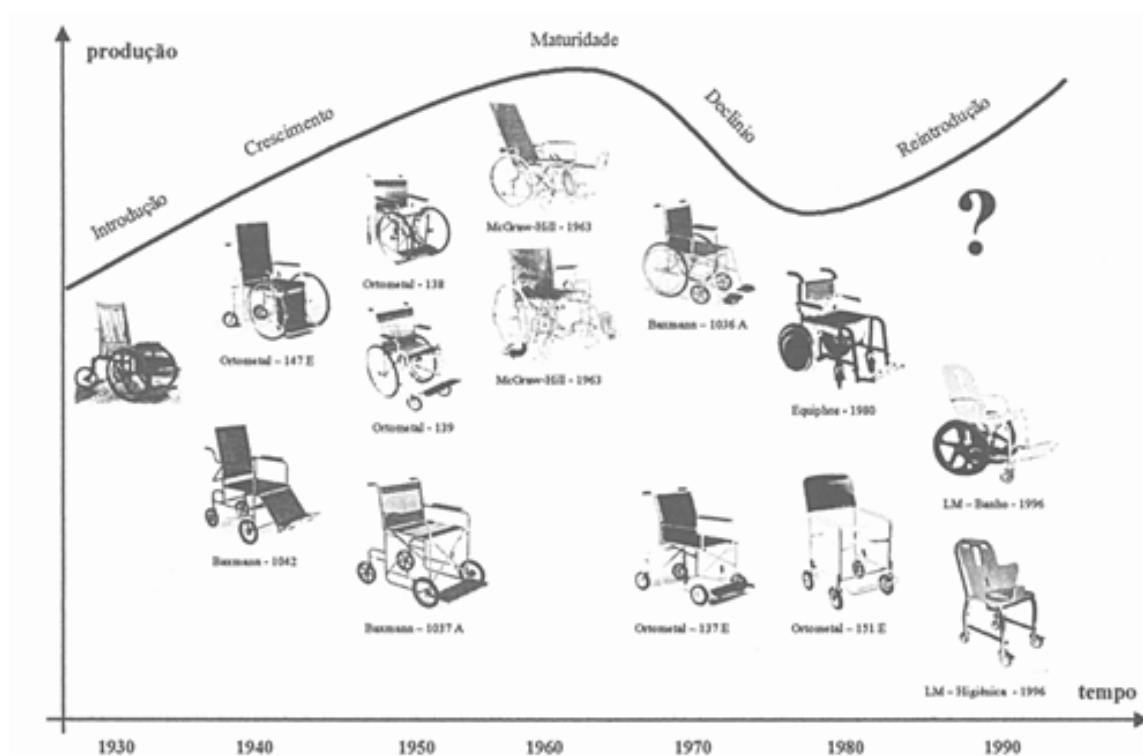


Figura 1.13: Ciclo de vida do Produto – *Roy (1984)* [6].

Desta forma, se acumulam termos de conhecimento ergonómico, de materiais e de tecnologias que podem aumentar o conforto. Como no caso de independência do indivíduo portador de menor motricidade através da motorização. Procura-se desta forma, aplicar estes conhecimentos e retrata-los num produto mais simples.

1.2 Mercado Atual

1.2.1 Modelos disponíveis no Mercado

No momento da aquisição de uma cadeira, o facto de querer ou não apoio de braços altos ou baixos, depende do fim pretendido (Figura 1.14). Por exemplo, quando o apoio é alto, cria problemas para se estar apoiado numa mesa. É importante não esquecer que os apoios de pés devem ser amovíveis [7], para possibilitar o seu uso em diversos lugares.



Figura 1.14: Cadeiras de Secretaria [7].

É preciso ter em atenção as brincadeiras realizadas com as cadeiras de rodas, “ainda que alguns são mesmo doutorados no seu uso”, para a maioria dos utilizadores descer um degrau ou uma rampa mais inclinada, não é tarefa fácil. Deve-se aplicar o bom senso e só preferível esperar por ajuda, evitando qualquer risco de acidente com consequências nefastas [8].

As cadeiras elétricas (Figura 1.15), facilitam a vida dos seus usuários em diversas situações. No entanto, é preciso ter um cuidado adicional e têm que fazer periodicamente uma boa manutenção, não são raros os casos de falhas (aderência com o solo) em planos inclinados, provocando, inclusivamente acidentes mortais. É comum a falha de carga na bateria, levando ao usuário a esperar que venham em seu auxílio. É necessário cuidado extra com as baterias que usam líquidos ácidos, pois podem libertar os mesmos.



Figura 1.15: Cadeiras Elétricas [8].

No caso das cadeiras elétricas, como as que são apresentadas na Figura 1.16, incluem verticalização, sendo essencial ter alguns cuidados, em especial no momento de usar a função vertical.



Figura 1.16: Protótipos existentes [8].

O terreno deve ser totalmente plano, uma vez que para as colocar completamente na vertical estas cadeiras têm de estar num local sem ou com pouca inclinação, o que exige uma atenção redobrada no seu uso.

Existem alguns acessórios que podem ajudar a melhorar o uso da cadeira de rodas, mochilas e copos com suporte próprio, coberturas em plástico para que não se molhem com a chuva, entre outros.

1.2.2 Materiais utilizados nos modelos

A principal qualidade de uma boa cadeira é que seja apropriada à atividade que o utilizador desenvolve no dia a dia. Perante as diversas situações existem diferentes opções, alguns dos materiais utilizados podem ser observados na Figura 1.17 e influenciam o desempenho dos produtos assim como o seu custo [4; 9; 10].

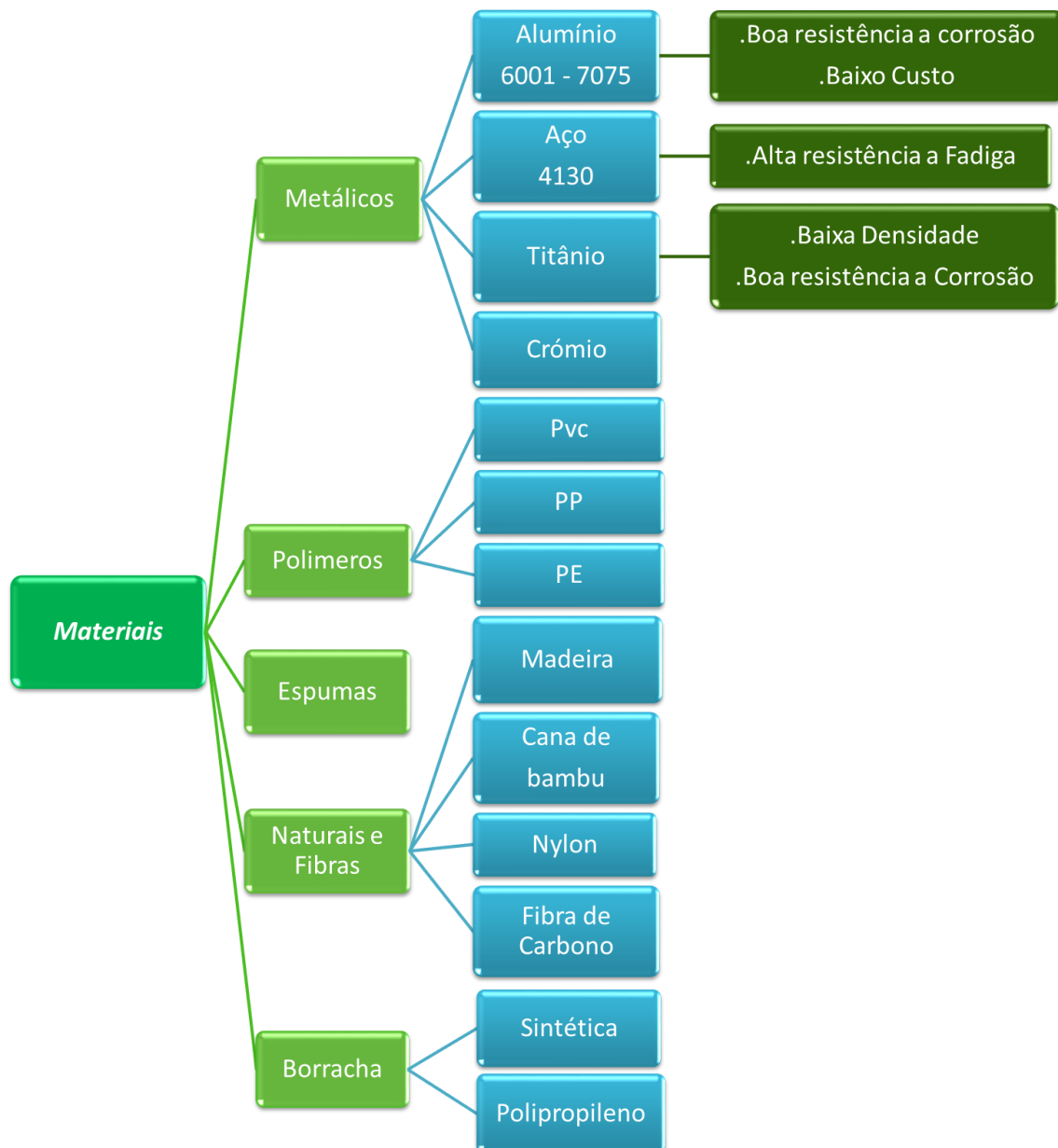


Figura 1.17: Materiais existentes.

Apoio para Braços Existem apoios para os braços fixos e móveis. Os apoios de braços fixos dificultam a transferência, tanto por parte dos cuidadores quanto do próprio paciente. Pessoas muito ativas preferem cadeira sem braços [4].

A altura do apoio de braço deve ser medida desde o cotovelo, aduzido e fletido a 90° até o assento. Apoios de braços com altura irregular pode causar cifose torácica, quando estão num nível menor e elevação da cintura escapular quando está num nível maior [10].

Encosto Os encostos feitos de materiais tipo tela ou couro são os preferíveis, pois permitem a sua fácil limpeza e ajudam no momento de fechar a cadeira, os materiais mais rígidos permitem manter uma postura mais correta.

Assento É necessário que seja de um tecido que não ceda facilmente e não laceie. Por isso recomenda-se a utilização de fibras não-absorventes, por exemplo nylon reforçado, que propicia uma maior facilidade de limpeza e manutenção. Os assentos selados favorecem o aumento da pressão nas tuberosidades isquiáticas e trocantéricas [4; 10].

Rodas Traseiras As rodas rígidas são mais duráveis, mas muito desconfortáveis no exterior. Já as de pneus são mais confortáveis, mas desgastam-se rapidamente e são mais caras quando comparadas com as rodas rígidas. As rodas da frente devem ter um diâmetro médio, pois diâmetros muito baixos, não vencem facilmente os obstáculos [10; 11].

Para adultos, o tamanho mais frequente das rodas traseiras é de $24''$ ($61 \times 3,5 \text{ cm}$) e para as crianças é de $16''$. Utilizam aros ou anéis de propulsão, cubos de alumínio ou de aço e raios de aço cruzados para aumentar a estabilidade [4; 10].

Rodas Dianteiras Tal como acontece com as rodas traseiras, também as dianteiras devem ter como prioridade os pneus dianteiros infláveis, pois facilitam o rolamento e o amortecimento. Normalmente incluindo pneumáticos, estes podem ser maciços ou infláveis. Os diâmetros mais frequentes nas rodas dianteiras são de $5''$ a $8''$ [10].

Freios A importância dos freios é verificada nos movimentos de transferência, para reduzir a velocidade e quando necessário em declives. O sistema mais comum é o de alavancas, fixado na parte anterior da cadeira de rodas [4; 10].

Há dois tipos de freios, diferenciados pela direção da força do cotovelo: os que utilizam a força de extensão do cotovelo acionando o freio para frente, ou os que por intermédio da força de flexão do cotovelo, acionam o freio para trás [10].

1.2.3 Fontes de alerta de desconforto

Fazendo uma comparação genérica das abordagens realizadas, o grau de desconforto apontado pelos sujeitos no *Diagrama de Corllet – Manenica (1980)* (Figura 1.18), está diretamente relacionado com a ineficiência ou inadequação da morfologia da cadeira de rodas [12; 13; 14].

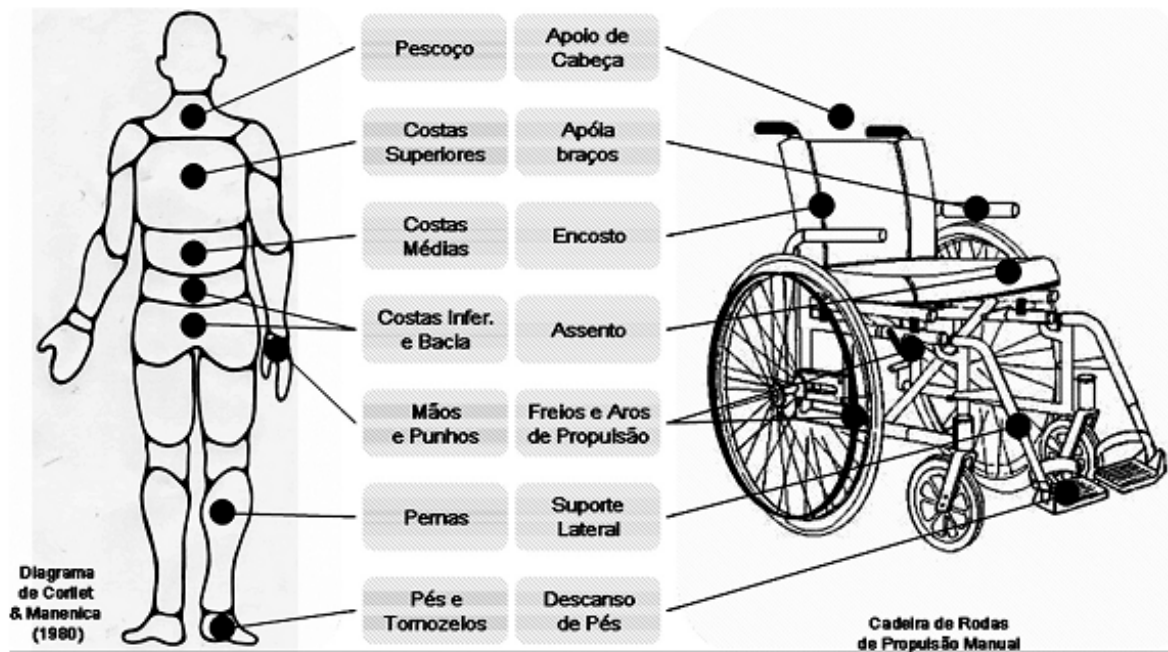


Figura 1.18: Relação de desconforto com a morfologia da cadeira [14].

Pode-se enumerar alguns exemplos, como a queixa de desconforto no pescoço por consequência da falta de apoio para a cabeça, ou o desconforto nas costas-inferiores e bacia pela inadequação ou ineficiência do assento que interfere na manutenção da postura correta (Figura 1.19) [12; 13; 14].

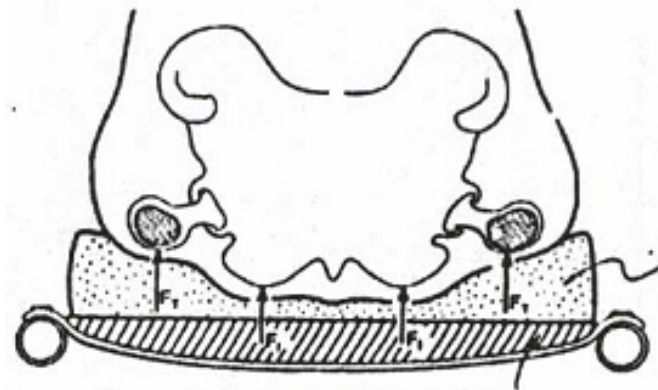


Figura 1.19: Forças atuantes na pélvis (Postura sentada) [14].

As formas do assento e os materiais empregues podem proporcionar uma postura mais adequada, sendo importante não esquecer que a maneira de propulsionar a cadeira de rodas também influencia na sobrecarga biomecânica. Conhecer e aplicar as amplitudes seguras e as técnicas de propulsão pode favorecer a eficiência da interface tecnológica e principalmente o estado de saúde do utilizador evitando lesões causadas pelo “Stroke”, estão divididos em 4 tipos: SC, SLOP, DLOP e ARC, mostrados na Figura 1.20 [7; 14; 15; 16; 17; 18; 19].

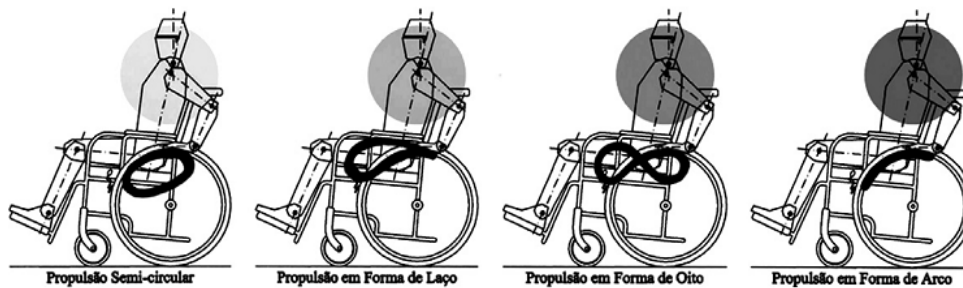


Figura 1.20: Técnicas de Propulsão [18].

Para um melhor resultado biomecânico da posição sentada, além das características morfológicas do design do assento, as propriedades dos materiais utilizados devem favorecer, principalmente, o não aparecimento de úlceras de pressão [19; 20; 21] e consequentemente, permitindo uma transpiração adequada e natural que favoreça o conforto térmico da região do corpo que está em contato com o assento e encosto.

As superfícies dos assentos devem prever texturas que impeçam os riscos acidentários (Tabela 1.1), ou seja, que o usuário não deslize da cadeira de rodas e acabe assumindo posturas inadequadas ou quedas.

Tabela 1.1: Formatos de Assentos

	Contorno Gel 	Anti transpiração 	Gel 	Contorno Espuma 	Espuma 	Ar 
Pressão	Bom	Excelente	Bom	Suficiente	Suficiente	Má
Estabilidade	Excelente	Má	Suficiente	Excelente	Bom	Excelente
Térmica	Suficiente	Excelente	Excelente	Suficiente	Má	Suficiente
Higiene	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Má	Excelente
Durabilidade	Excelente	Suficiente	Má	Excelente	Suficiente	Bom
Preço	Elevado	Elevado	Moderado	Moderado	Razoável	Barato

1.2.4 Componentes numa cadeira de rodas

Há inúmeros fatores que interferem no controle postural como podemos observar na Tabela 1.2, a escoliose, obliquidade pélvica, funções cognitivas, informações sensoriais, entre outros ¹ [10; 20; 22].

Tabela 1.2: Fatores e influências [22].

Componentes	n	xp	DP	CV	Nada		Pouco		Médio		Muito		Extremo		NR	
					fi	%	fi	%	fi	%	fi	%	fi	%	fi	%
Assento	19	5,73	1,99	0,35	0	0	0	0	2	10	10	48	8	38	2	10
Descanso p/ os pés	20	5,27	1,42	0,27	0	0	0	0	5	24	5	52	11	19	1	5
Cinta para os pés	20	5,27	1,42	0,27	0	0	6	0	9	24	2	52	3	19	1	5
Apóia-braço	20	5,20	1,57	0,30	0	0	0	0	1	5	15	71	3	14	1	5
Encosto	20	5,07	1,19	0,24	0	0	1	5	4	19	13	62	2	10	1	5
Freios	20	5,07	1,19	0,24	0	0	2	10	3	14	12	57	3	14	1	5
Aro de propulsão	20	4,80	0,89	0,19	0	0	2	10	6	29	10	48	2	10	1	5
Rodízios	19	4,67	0,99	0,21	0	0	0	0	8	38	9	43	2	10	2	10
Pneus	20	4,60	0,67	0,15	0	0	1	5	10	48	8	38	1	5	1	5
Suporte descanso pés	19	4,60	0,92	0,20	0	0	2	10	5	24	10	48	2	10	2	10
Ajuste do eixo propulsão	19	4,47	0,76	0,17	0	0	2	10	8	38	6	29	3	14	2	10
Sustentação Assento	20	4,25	0,28	0,07	1	5	3	14	5	24	7	33	4	19	1	5
Estrutura ou Chassi	18	3,93	0,39	0,10	0	0	3	14	7	33	8	38	0	0	3	14
Estrutura em X	18	3,40	0,24	0,07	2	10	5	24	5	24	6	29	0	0	3	14
Pega de propulsão	20	3,27	0,82	0,25	5	24	6	29	4	19	5	24	0	0	1	5

¹... “A postura humana ideal é tipicamente dada pelo balanço de forças opostas” ...

Por tanto, os materiais têm características próprias que lhes conferem vantagens e/ou desvantagens. Na análise dos materiais, considerou-se a característica geral, uma vez que cada peça é feita de um ou vários materiais específicos. Desta maneira, uma cadeira elétrica como a apresentada na Figura 1.21, tem em media um peso que varia entre os 50 e 60kg, sem considerar o peso do motor e das baterias implementadas.

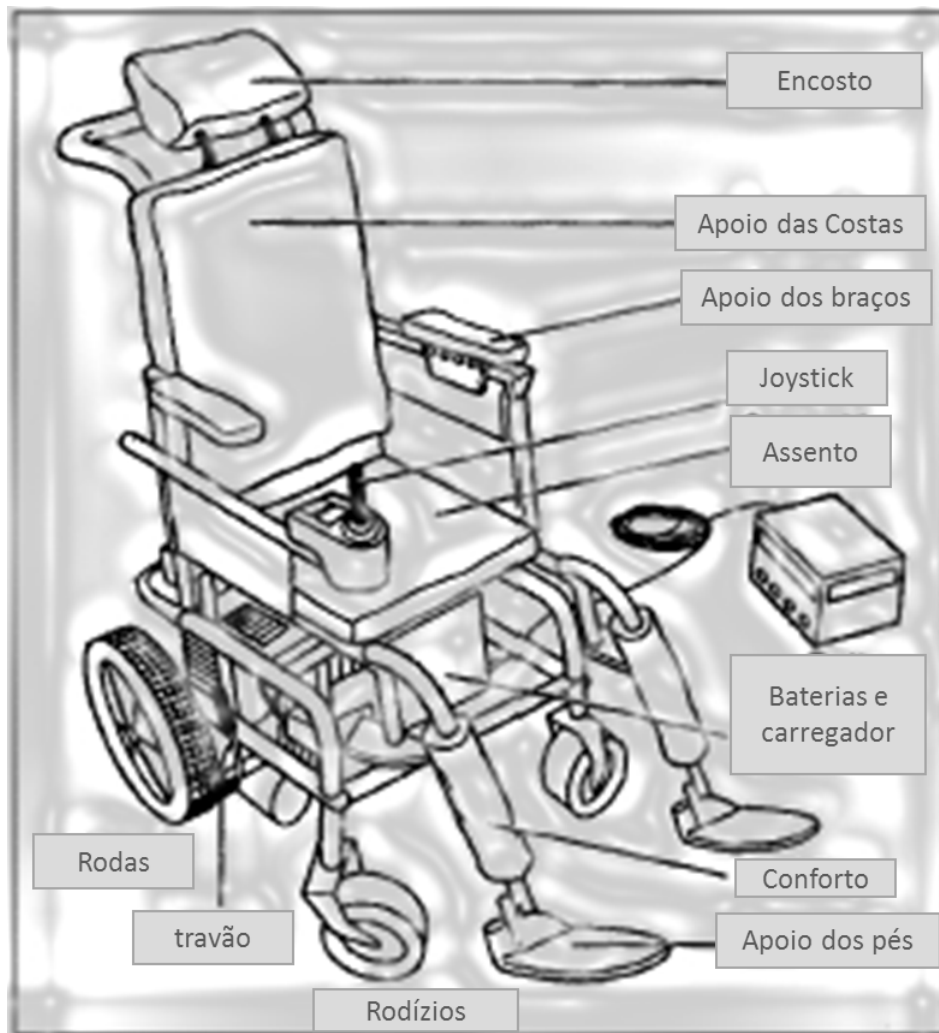


Figura 1.21: Componentes da cadeira de rodas

Não foi o objetivo desta pesquisa aprofundar o estudo dos materiais, mas sim observar atentamente as cadeiras de rodas que possuem materiais de melhor qualidade técnica, descrita nos catálogos, a fim de encontrar as opções de baixo custo e inviabilizar grandes investimentos em materiais.

Capítulo 2

Requisitos do Produto

De uma forma geral, os tópicos mais relevantes para a obtenção de um produto ideal, baseiam-se em conceitos que muitas vezes não associamos, gerando assim insatisfação no mercado (Figura 2.1).

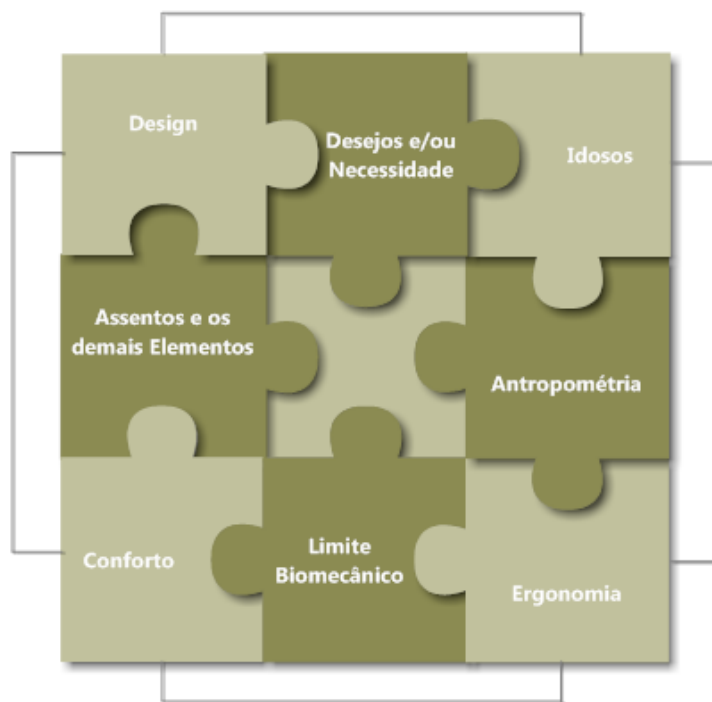


Figura 2.1: Produto – Cadeira

Para uma melhor análise do produto, analisa-se os riscos *SWOT* – Forças (Strengths), Fraquezas (Weaknesses), Oportunidades (Opportunities) e Ameaças (Threats)¹. Esta análise *SWOT* no desenvolvimento do produto, pretende realizar uma previsão em articulação com as condições de mercado e consciencializar sobre as capacidades das condições favoráveis.

¹... *Concentre-se nos pontos fortes, reconheça as fraquezas, agarre as oportunidades e proteja-se contra as ameaças (SUN TZU, 500 a.C.)...*

2.1 Análise *SWOT*

- As forças e fraquezas são determinadas pela posição atual da empresa e relacionam-se, quase sempre, a fatores internos.
- Já as oportunidades e ameaças são antecipações relacionadas a fatores externos.
- O ambiente interno pode ser controlado pelos gestores da empresa, já que é resultado das estratégias de atuação definidas pelos próprios membros da organização.
- Desta forma, durante a análise, quando for percebido um ponto forte, ele deve ser ressaltado ao máximo; e quando for percebido um ponto fraco, a organização deve agir para controlá-lo ou, pelo menos, minimizar o seu efeito.
- Já o ambiente externo está totalmente fora do controle da organização. Apesar de não poder controlá-lo, a empresa deve conhecê-lo e monitorizá-lo com frequência, de forma a fazer um planejamento para minimizar os seus efeitos.

A Figura 2.2 identifica os elementos chave que podem influenciar o sucesso do produto e da mesma forma as dificuldades da sua implementação no mercado.

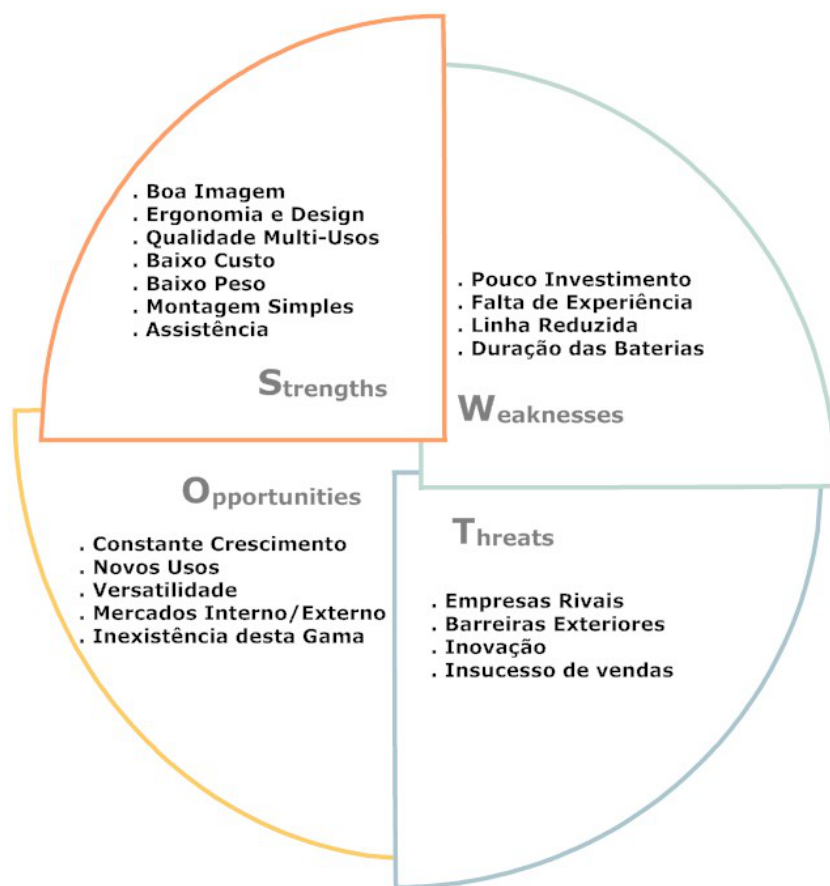


Figura 2.2: *SWOT* – Cadeira

2.2 Requisitos do Cliente

Com base no contexto histórico (Tabela 2.1), percebeu-se que o padrão estético da cadeira evoluiu em descompasso com a sua forma e que ainda hoje diversos modelos destes equipamentos são muito próximos dos modelos seculares estudados, principalmente, se for comparado com a falta de especificidade que o produto assumia na época².

Tabela 2.1: Abordagem Teórica

Idoso	Ergonomia	Cadeira	Design
Tecnologia Assistiva			
Histórico do Design das Cadeiras			
Carência do Design Ergonômico nos Projetos de Cadeiras para Idosos			
Idoso			
Aspectos Sociais e Políticos do Envelhecimento			
Enfermidades na Senescência: Demanda para o Design de Cadeiras			
Antropometria do Idoso			
Biomecânica do Idoso Usuário da Cadeira			
Morfologia do Assento e Periféricos da Cadeira			

Desta forma, pode-se observar alguns dos diferentes fatores que influenciam este tipo de produtos. Devendo assim:

- Tratar as necessidades dos clientes e representa-las como requisitos dos clientes.
- Tratar os requisitos dos produtos a partir dos requisitos dos clientes.

²... Carl Seweell; atesta a conhecida regra 80/20 do Principio de Pareto, mostra que 20 % dos principais clientes podem gerar até 80 % do lucro da empresa, metade do qual é perdido para atender a base formada por 20 % de clientes não-rentáveis...

Algumas recomendações obtidas a partir da bibliografia foram reunidas nesta pesquisa e estão resumidamente listadas na Tabela 2.2:

Tabela 2.2: Requisitos Bibliográficos

Recomendações Projetais	
1	Mudar o paradigma da forma da cadeira de rodas.
2	Considerar os aspetos sociais e económicos dos idosos.
3	Conjugar o design ao padrão estético desejado pelo utilizador idoso.
4	Considerar as particularidades e enfermidades.
5	Considerar os aspetos antropométricos dos idosos.
6	Permitir ao utilizador uma boa usabilidade do equipamento.
7	Atender aos requisitos fisiológicos e específicos da postura sentada.
8	Facilitar a propulsão da cadeira de rodas especialmente a manual.
9	Considerar os limites biomecânicos dos idosos.

- O primeiro item sugere a mudança do paradigma da forma da cadeira de rodas, o qual está ligado com a evolução histórica do objeto, pois este item não sofreu modificações significativas, diante do avanço da ciência e da tecnologia.
- O segundo item trata dos fatores sócio-económicos; como sabemos, a viver num país com diversos problemas sociais, com grande parte de sua população a viver de forma precária e desumana, principalmente, se considerarmos os idosos que necessitam de utilizar cadeira de rodas. Empresas que produzem cadeiras de rodas devem utilizar matérias primas alternativas e investir em pesquisas visando o baixo custo e a preservação do meio ambiente.
- O padrão estético apontado pelo terceiro item refere o desejo subjetivo dos idosos, ou seja, o idoso, como qualquer pessoa, não deseja utilizar uma cadeira de rodas, mas sendo inevitável, o design poderia agregar ao produto uma maior agradabilidade estética que pudesse minimizar o índice de rejeição pela forte carga depressiva que o produto carrega desde seu surgimento e favorecesse o bem-estar cognitivo.

Também há uma razão para a estabilidade de forma global do projeto; a linha ergonómica acomoda-se à da figura humana sentada e como tal, há um par de rodas de maior dimensão e outro par de menor dimensão. Podendo desta forma haver evolução, nos materiais e detalhes particulares, como apoia braços, apoio para os pés, aros de rodas (no caso de cadeiras manuais) e freios, neste tipo de produtos.

Outras recomendações projetais de carácter mais técnico para o design sugerem considerar os aspectos antropométricos (Tabela 2.3) e os limites biomecânicos dos idosos (Tabela 2.4), pois comprovou-se por pesquisas já consolidadas, que considerações deste género favorecem a interface tecnológica, principalmente se o objetivo for assumir o bom desempenho da usabilidade [1; 4].

Tabela 2.3: Recomendações Baseadas na Abordagem Prática

Recomendações Projetais	
1	Desenvolver cadeira de rodas valorizando a reabilitação do estado de saúde do idoso com padrões de conforto e segurança aceitáveis.
2	Desenvolver cadeira de rodas com dimensões adequadas e ajustáveis.
3	Desenvolver cadeira de rodas resistentes e duráveis.
4	Desenvolver cadeira de rodas leves e com boa estabilidade.
5	Desenvolver cadeira de rodas com inovações estéticas e que apresente carga depressiva minimizada.
6	Desenvolver uma família de cadeira de rodas com base nas especificidades patológicas.
7	Desenvolver acessórios que atendam as necessidades psicológicas, fisiológicas dos idosos e as especificidades patológicas.
8	Desenvolver alguns itens da cadeira de rodas com formato anatômico.
9	Desenvolver cadeira de rodas de fácil higienização e manutenção.
10	Desenvolver cadeiras de rodas de fácil montagem e desmontagem.
11	Desenvolver cadeira de rodas com manuais ilustrados com orientações técnicas, de manejo e conservação.
12	Desenvolver cadeiras de rodas de fácil transporte.
13	Desenvolver cadeiras de rodas de fácil usabilidade tanto para o idoso quanto para o seu cuidador/enfermeiro.
14	Desenvolver cadeiras de rodas que permitam fácil transferência do idoso.
15	Desenvolver cadeiras de rodas com qualidade técnica e baixo custo.

Tabela 2.4: Recomendações para o Design Ergonómico

	Recomendações Projetais	Sugestões
1	Orientações sobre o manejo.	Desenvolver um sistema intuitivo.
2	Facilitar a transferência do idoso.	Sistema de Fácil desmontagem.
3	Fácil higienização.	Utilizar polímeros e acessórios descartáveis.
4	Disponibilizar componentes leves.	ligas de alumínio, titânio e polímeros.
5	Facilitar o transporte.	Desmontagem e/ou embalagem.
6	Melhorar a aparência estética.	Mudar o esterótipo da cadeira de rodas.
7	Desenvolver dispositivos específicos.	Oferecer uma família de acessórios.
8	Atender as necessidades psicológicas da pessoa sénior.	Sistema ergonómico .
9	Desenvolver uma família de cadeiras.	Modelos direcionados á especificidade de cada paciente.
10	Disponibilizar produtos resistentes e de alta qualidade.	Intercambiabilidade das peças.
11	Fácil usabilidade.	Respeitar o volume de trabalho atendendo aos limites biomecânicos.
12	Oferecer mais conforto em alguns componentes.	Assentos e encostos mais estofados. Apoiadores de braços anatómicos e espumados. Suporte lateral com proteção de espuma. Descanso para os pés ajustáveis.
13	Obter maior segurança.	Inserir cinto de segurança. Inserir apoio para a cabeça, oferecendo uma leve antropometria.
14	Fácil manutenção.	Fácil montagem, desmontagem e que as peças estejam disponíveis no mercado.
15	Montagem e desmontagem simples e segura.	Sem utilizar chaves específicas, utilizar engates rápidos e inteligentes.
16	Dimensões adequadas e ajustáveis.	Basear-se no dimensionamento Antropométrico para o idoso.
17	Permitir conforto térmico.	Utilizar materiais que permitam troca de temperaturas e canais de respiro no assento.
18	Permitir a mudança da postura do idoso.	Evitar excesso de peças antropomorfas e oferecer sistema estável e com ajustes angulares.
19	Oferecer produto de baixo custo.	Reduzir o numero de peças possível e utilizar materiais alternativos.

As recomendações projetais que visam restabelecer a saúde do indivíduo devem estar de acordo com a especificidade patológica e devem ser sugeridas e cuidadosamente acompanhadas por profissionais especialistas, principalmente se essas recomendações projetais estiverem baseadas em quadros clínicos e fisioterapia específicas e distantes do conhecimento do projetista ou designer.

Percebeu-se que as cadeiras de rodas de propulsão manual, atualmente comercializadas, não oferecem um padrão de conforto e segurança aceitáveis. Principalmente, por não valorizar a especificidade do estado de saúde do idoso.

Portanto, recomenda-se o desenvolvimento de cadeiras de rodas com dimensões adequadas à antropometria do idoso e que os dispositivos sejam ajustáveis para que a interface tecnológica (idoso versus cadeira de rodas) apresente menos riscos à saúde e um melhor desempenho da manutenção e de reabilitação do estado de saúde do indivíduo.

As cadeiras de rodas devem apresentar características técnicas de resistência, durabilidade, leveza e estabilidade adequadas às condições físicas dos idosos. Essas características devem sempre favorecer a estética, minimizando problemas psicológicos assumidos pelos usuários em consequência do estereótipo popular que a cadeira de rodas carrega.

Descobriu-se, através desta pesquisa, que as especificidades patológicas presentes no período senil são demandas para o design ergonômico, desenvolver uma família de cadeiras de rodas e/ou acessórios que atendam as necessidades psicofisiológicas dos idosos.

Uma das maiores dificuldades encontradas na interface tecnológica foi a higienização da cadeira de rodas; como o objeto apresenta muitos itens que geram espaços inaccessíveis para as mãos, essa tarefa torna-se difícil e dispendiosa, principalmente quando é necessária fazer a higienização com mais frequência em consequência dos problemas apresentados pelos idosos. Portanto, recomenda-se desenvolver peças simples e arredondadas de fácil montagem e desmontagem para facilitar o manejo, conservação e a manutenção do equipamento.

Outro problema encontrado foi o transporte da cadeira de rodas; embora a maior parte das cadeiras seja dobrável o volume ainda fica grande e irregular e não apresentam proteções nas partes metálicas, alças e travões de segurança para facilitar o transporte; então, recomendam-se encaixes inteligentes permitindo que a cadeira seja desmontável com facilidade para o transporte e que as peças sejam armazenadas numa caixa específica com volume regular.

A boa usabilidade da cadeira de rodas está relacionada com a qualidade técnica dos elementos mecânicos e conseqüentemente com o seu estado de conservação. Para auxiliar os usuários recomenda-se oferecer, juntamente com o produto, manuais técnicos ilustrados e de orientação com vocabulários simples.

Para finalizar as recomendações projetais, percebeu-se que o custo da cadeira de rodas é um parâmetro que precisa urgentemente ser repensado.

O custo de uma cadeira de rodas hoje em dia, não está relacionado diretamente à qualidade do produto, ou seja, produtos baratos são fracos e produtos caros embora apresentem padrões de qualidade, também não estão adequados ergonomicamente ao público de idosos.

A pesquisa revelou que o custo compromete significativamente a prescrição e consequentemente todo o programa de manutenção e reabilitação da saúde do idoso. Tendo em conta este contexto, procura-se diminuir o número de peças da cadeira de rodas e seleccionar entre os materiais presentes na Tabela 2.5 para o seu fabrico. No entanto, recomenda-se que outros processos sejam pesquisados e testados visando minimizar o custo do equipamento.

Tabela 2.5: Escolha do Material de fabrico

	Alumínio	PVC	Borracha	Espuma	Nylon	Outros
Estrutura	⊗					x
Apoio do banco		⊗			x	x
Apoio das costas		⊗			x	x
Apoio dos braços	⊗	x				x
Apoio dos pés	x	⊗				x
Rodas			⊗			x
Conforto			x	⊗		x
Acessórios	x	⊗	x	x	x	x

O material da estrutura da cadeira pode ser de aço, pintado ou cromado, de alumínio ou de material sintético. O aço, por ser um metal de alta resistência e durabilidade, apresenta um peso elevado quando comparado com outras ligas metálicas, não sendo considerado como tal, a possibilidades de utilização deste material neste processo construtivo. Nesta perspetiva embora afetado pelo custo mas favorecendo a outros requisitos o material da estrutura deverá ser preferencialmente em ligas de alumínio.

2.3 Levantamento das Necessidades do Cliente

Para o desenvolvimento de um produto com as características definidas neste projeto, foram consideradas um conjunto de necessidades, as quais é necessário distinguir para as especificações alvo, diferenciando o importante do que é relativo.

O processo de levantamento das necessidades dos clientes é uma parte do *Desenvolvimento de Produto* e está ligada de perto com a geração do conceito, seleção do conceito, *Benchmarking* e o estabelecimento das necessidades presentes na Tabela 2.6.

Tabela 2.6: Necessidades de Postura Sentada por Longos Períodos

	Necessidades	Requisitos para o Design
1	Oferecer conforto dimensional.	Utilizar a antropometria dos idosos para ajustes dimensionais.
2	Limitar os ajustes dimensionais e angulares.	Utilizar sistemas à prova de erros.
3	Permitir o encaixe da cadeira de rodas em bancadas ou mesas.	Apoios dos braços ajustáveis.
4	Oferecer segurança aos riscos físicos da abdução do ombro e flexão do tronco.	Assento ajustável que evite o idoso curvar e exceder os limites biomecânicos.
5	Permitir a postura da coluna e do pescoço alinhada com o eixo da cadeira de rodas.	Assento anatômico.
6	Permitir variações da postura durante o tempo em que o idoso permanece sentado.	Ajustes no encosto, apoios de pernas e pés.
7	Evitar que o idoso torça o tronco e o pescoço.	Dispositivos devem estar dentro das zonas de alcance do idoso.
8	Conforto na região do pescoço.	Inclinação da cabeça não deve passar dos 15°.
9	Suportes dos apoios dos pés devem ser confortáveis e flexíveis.	Permitir ajustar com inclinação.
14	Ângulo de conforto entre o tronco e a coxa.	Preferencialmente em torno dos 100°.
15	Boa usabilidade na propulsão.	Distancias dos eixos das rodas devem ser adequadas e ajustáveis ao biótipo de usuário.

As especificações para o produto que finalmente é selecionado para desenvolvimento, vão ser dependentes do que é possível realizar tecnicamente e economicamente. Não esquecendo o que os concorrentes oferecem ao mercado, assim como das necessidades do cliente (Figura 2.3).

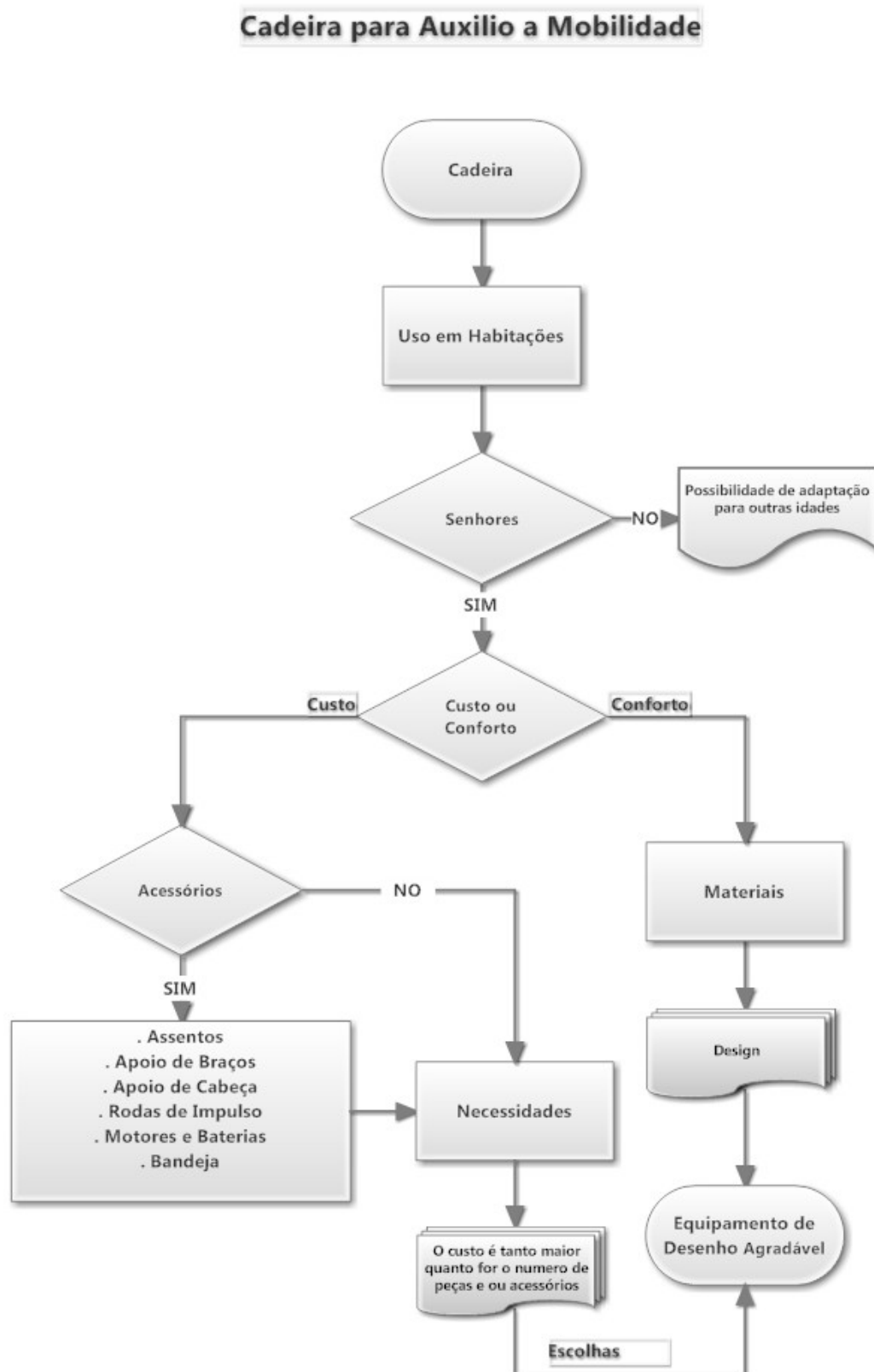


Figura 2.3: Análise do Produto

2.4 Hierarquização das Necessidades do Cliente

Esta organização é intuitiva, ajuda nos resultados das necessidades para a análise das mesmas e posterior criação do diagrama de *Mudge*.

1. Escrever cada necessidade num cartão.
2. Eliminar as necessidades de redundâncias associar os cartões.
3. Agrupar os cartões de acordo com a similaridade das necessidades.
4. Para cada grupo escolher uma designação (*Label*).
5. Criar super-grupos com as necessidades primarias e secundarias.
6. Rever e editar a organização das necessidades.

Tabela 2.7: Hierarquização das Necessidades

A	Formato da estrutura (Design e Peso).
B	Materiais e ergonomia (Técnico e Conforto).
C	Opção de Personalização (Autocolantes).
D	O produto deve ser Resistente (Segurança).
E	Qualidade do Conjunto (Tempo de Vida).
F	Resistente nos Meios de Utilização (Desgaste).
G	Opções de vários Tamanhos (Dimensões e Regulações).
H	Motor (Potência).
I	Maior Duração das Baterias (Autonomia).
J	Ser fácil de montar (Fixações Simples).
K	Disponibilidade para vários Ambientes (Rodas).
L	Fácil de Desmontar e lubrificar (Manutenção).
M	Baixo Custo dos vários componentes (Preços).
N	Vários tipos de Componentes a acoplar (Aplicações).
O	Sistema de Comando (Joystick).

O Diagrama de *Mudge* compara os requisitos aos pares; e em cada comparação existem duas perguntas:

- Qual requisito é mais importante para o sucesso do produto?
- Quanto mais importante é este requisito?

2.5 Diagrama de *Mudge*

Para a hierarquização da Tabela 2.7 deste produto, apresentam-se as necessidades e requisitos consoante o seu grau de maior importância na Figura 2.4.

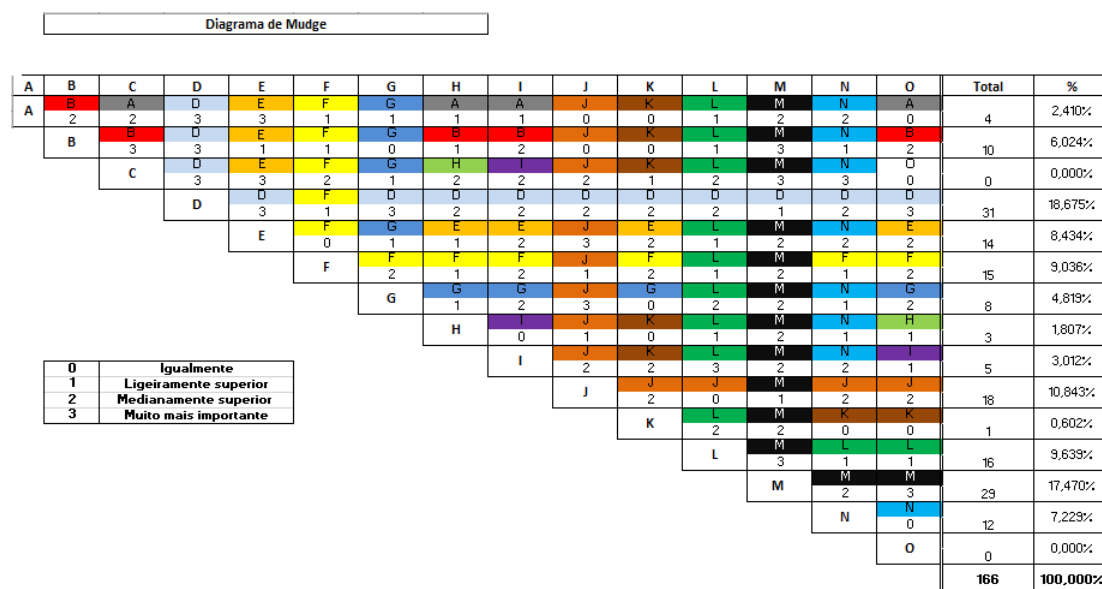


Figura 2.4: *Mudge* – Cadeira

Do diagrama de *Mudge*, foram classificados os requisitos obrigatórios na Tabela 2.8, que devem estar presentes no produto a desenvolver, caso contrario poderão gerar bastante descontentamento por parte dos potenciais clientes.

Tabela 2.8: *Mudge* – priorizado

1	O produto deve ser Resistente (Segurança)	D
2	Baixo Custo dos varios componentes (Preços)	M
3	Ser facil de montar (Fixações Simples)	J
4	Facil de Desmontar e lubrificar (Manutenção)	L
5	Resistente nos Meios de Utilização (Desgaste)	F
6	Qualidade do Conjunto (Tempo de Vida)	E
7	Varios tipos de Componentes a acoplar (Aplicações)	N
8	Materiais e ergonomia (Técnico e Conforto)	B
9	Opções de varios Tamanhos (Dimensões e Regulações)	G
10	Maior Duração das Baterias (Autonomia)	I
11	Formato da estrutura (Design e Peso)	A
12	Motor (Potência)	H
13	Disponibilidad para varios Ambientes (Rodas)	K
14	Opção de Personalização (Autocolantes)	C
15	Sistema de Comando (Joystick)	O

2.6 Diagrama de *Kano*

Para consolidar estes requisitos, foi elaborado o diagrama de *Kano*, o qual não é mais do que outra das possíveis formas de estudar como agradar o cliente e de descobrir onde causaremos insatisfação dos mesmos (Figura 2.5).

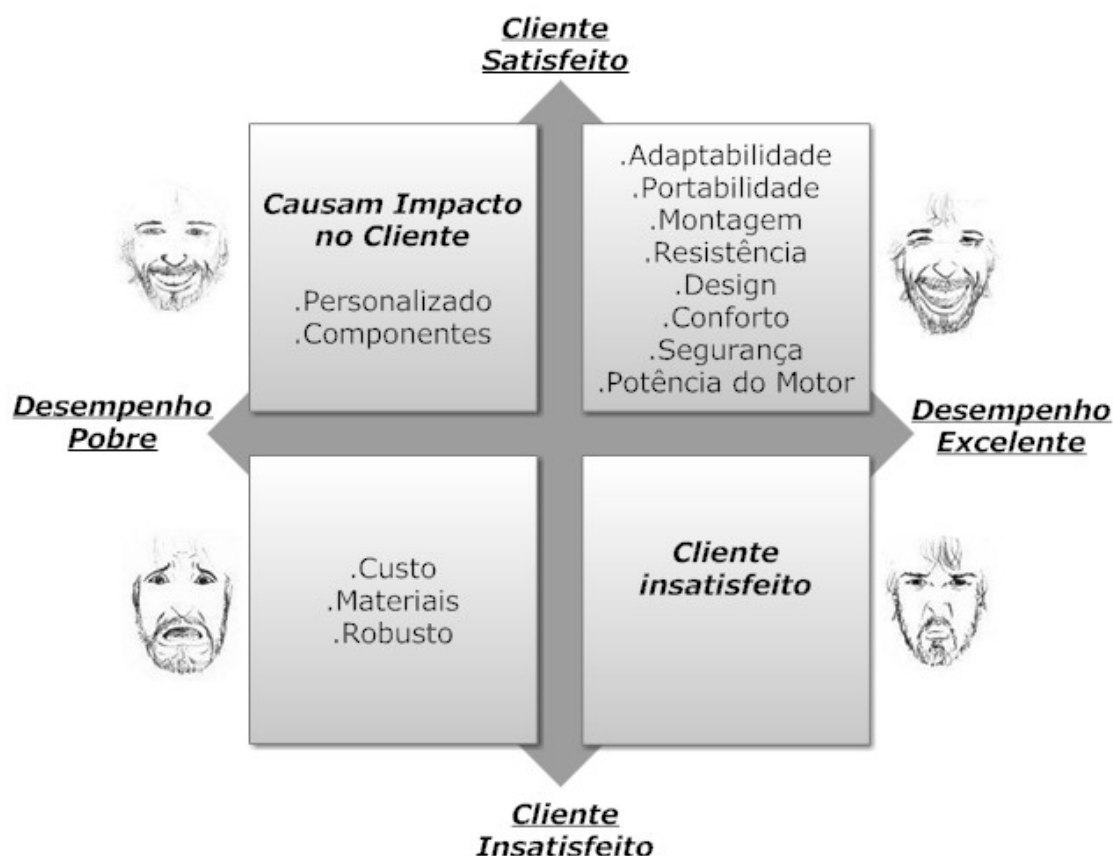


Figura 2.5: Diagrama de *Kano*

De facto, existem inúmeros motivos para o *Desenvolvimento de novos Produtos*; diversificar, manter posição competitiva, relançar a procura, atingir metas financeiras, preocupações ambientais, satisfação de novas necessidades, etc.

Atualmente já não nos podemos limitar a ouvir o cliente, pois os clientes não sabem muito bem o que querem, tal que existem necessidades e desejos implícitos que é imperioso “adivinhar”. Sendo assim, o diagrama de *Kano* é um bom exercício que consiste em saber não só o que o cliente espera, mas também aquilo que o cliente não espera³.

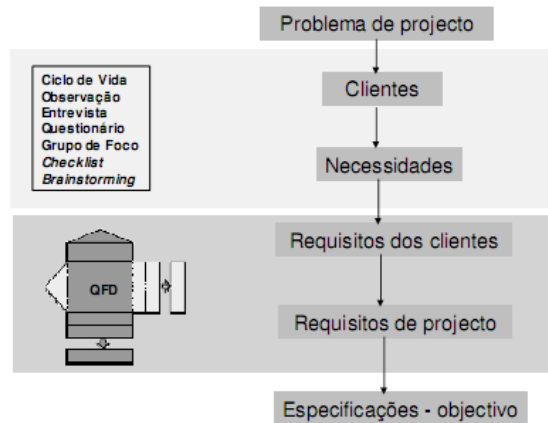
³... O grande desafio que se coloca é: surpreender, entusiasmar e encantar o cliente ...

2.7 Matriz da Qualidade – QFD

O QFD foi desenvolvido por Shigeru Mizuno e Yoji Akao no final dos anos 1960 com o intuito de resolver problemas de falta de clareza Figura 2.7 [23]. O QFD permite orientar o trabalho de desenvolvimento em direção às necessidades dos clientes por meio do desdobramento dos requisitos dos clientes em requisitos do produto [24; 25].

A utilização de ferramentas concretas do processo de desenvolvimento de produto, como a *Matriz de Qualidade* e a *Matriz de Produto*, permite sistematizar todo o processo de desenvolvimento, obtendo um conceito apresenta características que respondem satisfatoriamente aos aspectos valorizados pelos utilizadores e com potencial de comercialização face a outras ofertas deste tipo a nível mundial [23; 25].

Resumo do QFD Segundo AKAO(1990), é a conversão dos requisitos do consumidor em características de qualidade do produto e o desenvolvimento da qualidade de projeto para o produto acabado através de desdobramentos sistemáticos das relações entre os requisitos e as características do produto [24].



A aplicação do QFD cobre as seguintes atividades:

- Identificar os requisitos dos clientes do produto.
- Definir os requisitos do produto (Especificações).
- Definir quantificar especificações objetivo alvo do produto.

Benefícios da Aplicação do QFD:

- Considera a concorrência e regista as informações, interpretando as especificações;
- Redução do tempo de lançamento e reparação após o lançamento;
- Formato visual ajuda na discussão do prazo de projeto e organização;

Para uma melhor compreensão foi necessário realizar uma avaliação competitiva como a observada na Figura 2.6, e uma análise para determinar os aspetos prioritários a serem corrigidos.

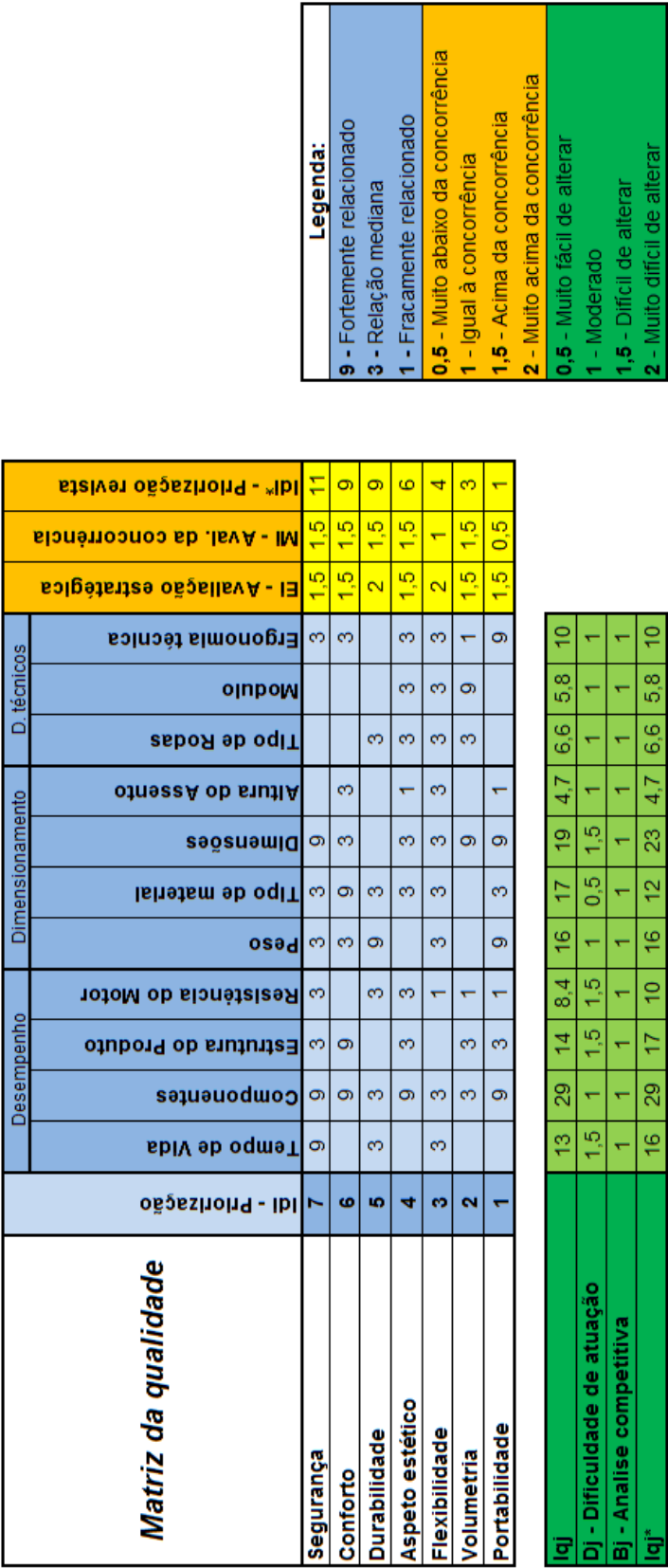


Figura 2.6: QFD – Cadeira

Após o análise da *QFD* e dos aspetos prioritários, verifica-se que para o utilizador a segurança é o fator mais importante, seguida pelo conforto e a durabilidade. A ordem dos requisitos foi corrigida (Figura 2.7), de forma a valorizar o produto frente á concorrência e servindo assim de base para o desenvolvimento do novo equipamento.

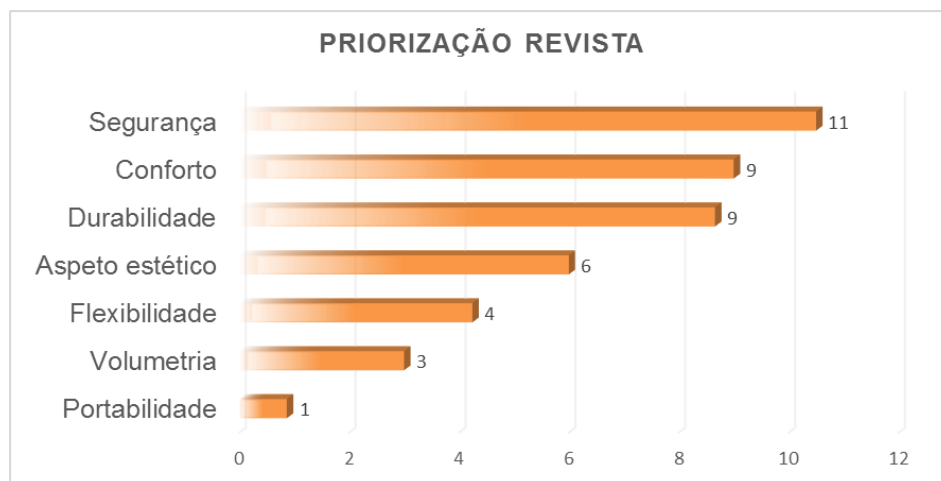


Figura 2.7: Priorização revista

As características de qualidade do produto existentes em relação ao objetivo da qualidade corrigida (Figura 2.8), verifica que em ambos os casos os componentes e as dimensões destes são os fatores mais importantes para o dimensionamento deste tipo de produtos seja para um publico geral ou para para um especifico (Seniores).

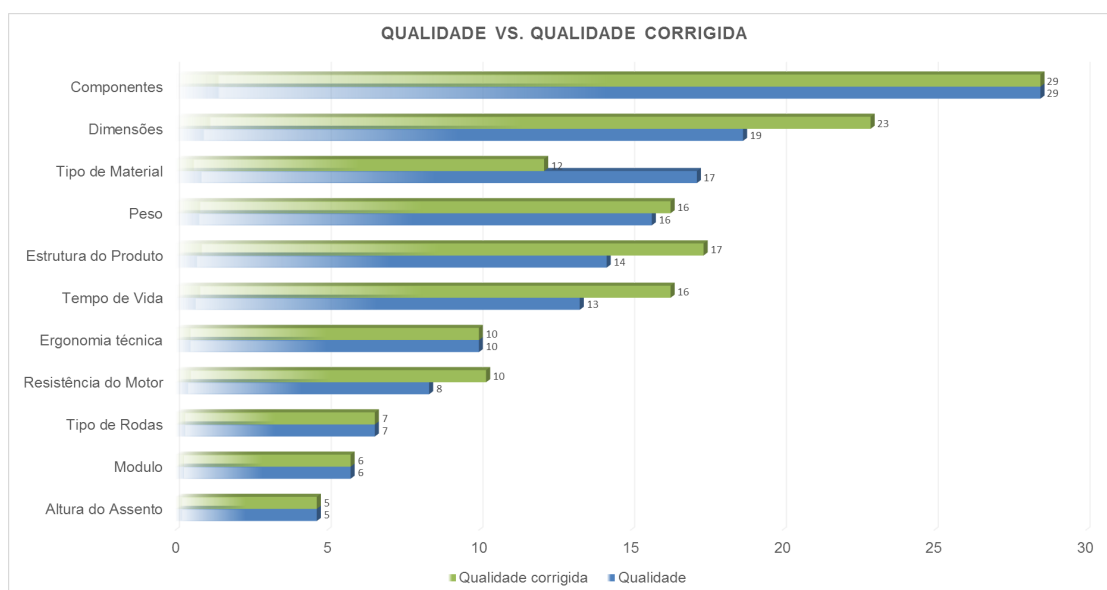


Figura 2.8: Qualidade do Produto

2.8 Matriz do Produto

Matriz do Produto											
Desempenho				Dimensionamento				D. técnicos			IPi= Importância das partes
Tempo de Vida	Componentes	Estrutura do Produto	Resistência do Motor	Peso	Tipo de material	Dimensões	Altura do Assento	Tipo de Rodas	Modulo	Ergonomia técnica	
16	29	17	10	16	12	23	4,7	6,6	5,8	10	IPi= Priorização
1		3		1	1	1	3		3	1	15,95 1,5 1,0 19,53
Apoio dos Pés											
1		3		1	1	1	1	1	3	1	15,67 1,5 1,0 19,19
Apoio dos Braços											
3		3		1	1	3	3		9	3	29,23 1,5 1,0 35,80
Apoio das Costas											
3		3		3	3	1			1	3	24,18 1,0 1,5 29,61
Assentos											
3		3	1	3	1	3	3		1	1	26,79 1,5 1,5 40,19
Rodas Frontais											
3		3	3	3	1	3	1		1	1	27,85 1,5 1,5 41,78
Rodas Traseiras											
3		1		9		3		1	1	1	30,04 2,0 1,5 52,03
Motores											
3		1		3		3			3	1	20,94 1,5 1,5 31,41
Comandos											
1		1	3	9		1			1	1	24,58 2,0 1,0 34,76
Baterias											
1		1		1	1	1			3	3	13,14 2,0 2,0 26,28
Acessórios											

Legenda:	
9 - Fortemente relacionado	
3 - Relação mediana	
1 - Fracamente relacionado	
0,5 - Muito fácil de alterar	
1 - Moderado	
1,5 - Difícil de alterar	
2 - Muito difícil de alterar	

Figura 2.9: Matriz do Produto

Para a realização da matriz da Figura 2.9, é necessário dividir o produto em vários elementos e fazer a correlação entre as especificações dos diversos componentes, os quais são dos requisitos mais importantes na qualidade do produto para o público alvo.

Analisando a *Matriz do Produto*, verifica-se a importância de certos elementos para o desenvolvimento deste produto e satisfação dos clientes. A matriz relaciona fatores com alguma importância (Figura 2.10), como o tipo de motor a implementar, os tipos de rodas para utilização dentro de habitações e claro a duração das baterias a utilizar, sendo que este influencia no peso final do produto.

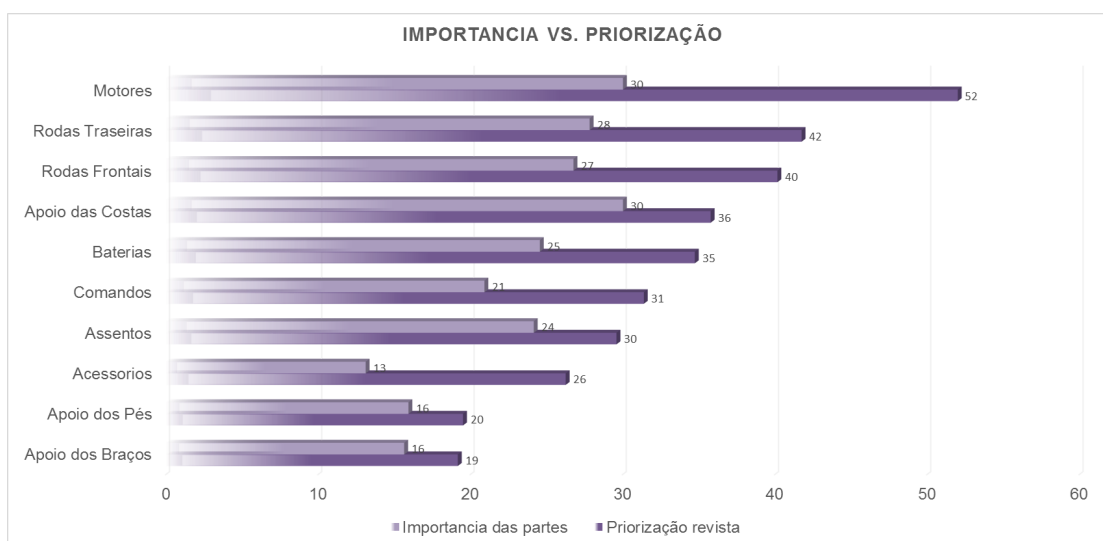


Figura 2.10: Importância das Partes

Esta divisão simplifica o processo, criando uma facilidade e diminuindo o tempo de desenvolvimento dos componentes, da mesma forma que é possível determinar quais as áreas que necessitam maior intervenção durante o projeto.

Desta forma o novo produto adapta-se facilmente às medidas antropométricas do utilizador, utilizando menos componentes quando comparado com as outras cadeiras já existentes diminuindo assim desta forma o peso total da cadeira.

Em relação ao sistema de motorização, foi concebido de modo a possibilitar ao utilizador uma regulação da potência utilizada para locomover a cadeira através do sistema de comandos; este que por sua vez diminui o aparecimento de lesões articulares ao nível dos membros superiores, uma vez que resulta em menos esforço nestas articulações.

Capítulo 3

Especificações do Produto

Para a obtenção de um produto que preencha os requisitos não só para o cumprimento de normas legais existentes para pessoas em estado de convalescença locomotiva foram tomados em conta a *Norma NBR 9050* e a *Norma NP EN1789* [26; 27; 28].

Dentro do universo das deficiências, o portador de deficiência física motora é um dos indivíduos mais fortemente penalizados pela falta de acessibilidade do espaço urbano e edificado, pois a sua mobilidade depende do uso de cadeira de rodas, e o ambiente construído ainda está muito pouco adaptado para garantir o seu direito de ir e vir [28; 29].

O termo deficiência é apresentado pela NBR 9050 [27]:

...**Deficiência:** redução, limitação ou inexistência das condições de percepção das características do ambiente ou de mobilidade e de utilização de edificações, espaço, mobiliário, equipamento urbano e elementos, em caráter temporário ou permanente ...

...**Acessibilidade:** possibilidade e condição de alcance para utilização, com segurança e autonomia, dos espaços, mobiliários e equipamentos urbanos, das edificações, dos transportes e dos sistemas e meios de comunicação, por pessoa portadora de deficiência ou com mobilidade reduzida ...

3.1 Ergonomia e Antropometria da Cadeira de Rodas

1. Largura necessária para a transposição de obstáculos isolados (m) (Figura 3.1).

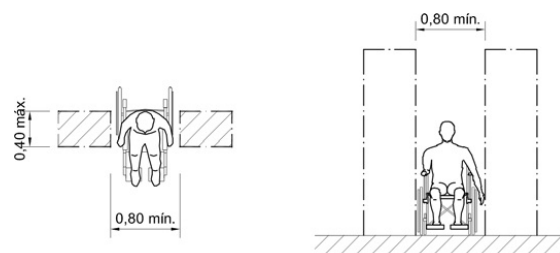


Figura 3.1: Transposição de obstáculos isolados [28].

2. Medidas para a manobra de cadeira de rodas sem deslocamento (m) (Figura 3.2).

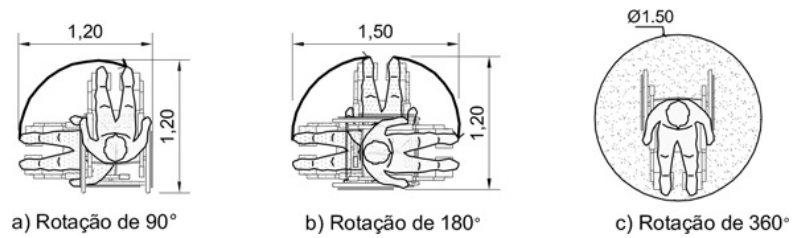


Figura 3.2: Manobra de cadeira de rodas sem deslocamento [28].

3. Condições para manobra de cadeiras de rodas com deslocamento (m) (Figura 3.3).

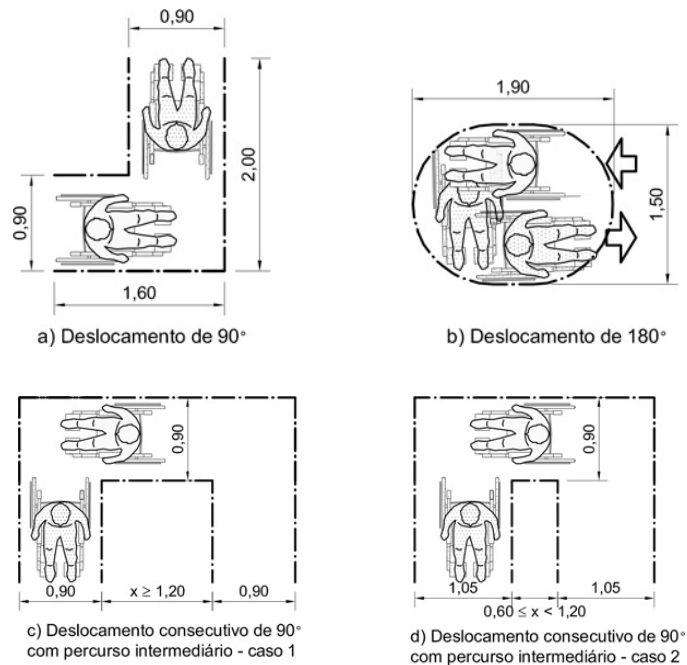


Figura 3.3: Manobra de cadeiras de rodas com deslocamento [28].

4. Altura e profundidade para alcance manual lateral (m) (Figura 3.4).

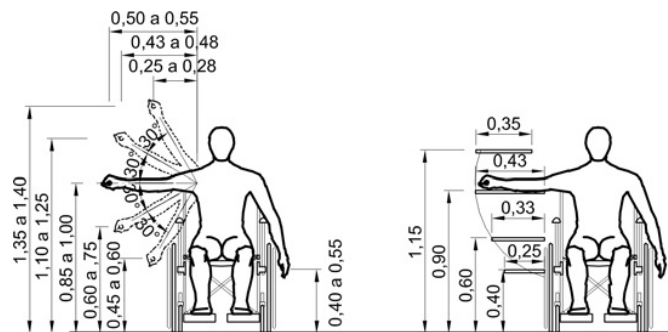


Figura 3.4: Altura e profundidade lateral [28]

5. Alcance manual frontal (m) (Figura 3.5).

- A3 = Altura do centro da mão com antebraço formando 90° com o tronco;
- B3 = Altura do centro da mão estendida ao longo do eixo longitudinal do corpo;
- C3 = Altura mínima livre entre a coxa e a parte inferior de objetos e equipamentos;
- D3 = Altura mínima livre para encaixe dos pés;
- E3 = Altura do piso até a parte superior da coxa;
- F3 = Altura mínima livre para encaixe da cadeira de rodas sob o objeto;
- G3 = Altura das superfícies de trabalho ou mesas;
- H3 = Altura do centro da mão com braço estendido paralelo ao piso;
- I3 = Altura do centro da mão com o braço estendido, formando 30° com o piso = alcance máximo confortável;
- J3 = Altura do centro da mão com o braço estendido formando 60° com o piso = alcance máximo eventual;
- L3 = Comprimento do braço na horizontal, do ombro ao centro da mão;
- M3 = Comprimento do antebraço (do centro do cotovelo ao centro da mão);
- N3 = Profundidade da superfície de trabalho necessária para aproximação total;
- O3 = Profundidade da nádega à parte superior do joelho;
- P3 = Profundidade mínima necessária para encaixe dos pés;

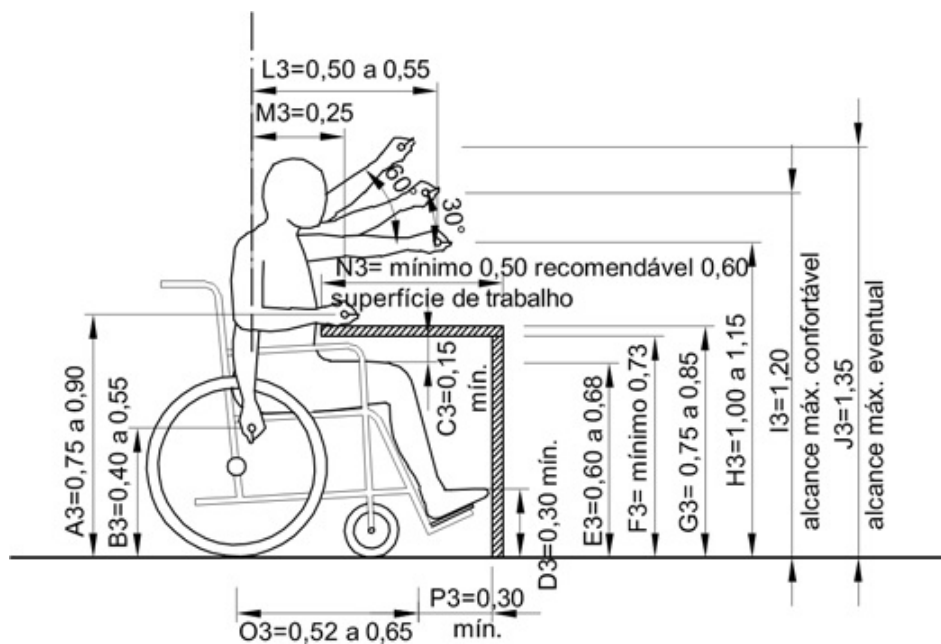


Figura 3.5: Alcance frontal [28].

6. Superfície de trabalho (*m*) (Figura 3.6).

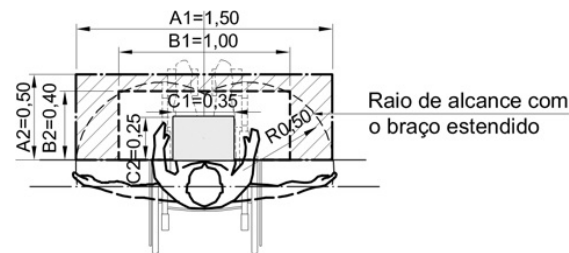


Figura 3.6: Superfície de trabalho [28].

Conforto – Medidas

As medidas seguintes foram consideradas as mais confortáveis:

Para leitura:

- inclinação do assento23-24°
- ângulo entre assento e encosto.....101-104°
- altura do assento ao chão.....39-40cm

Para descanso numa posição relaxada:

- inclinação do assento 25-26°
- ângulo entre assento e encosto105-108°
- altura do assento ao chão.....37-38cm

Todos os resultados observados entre os utilizadores saudáveis, mostram uma preferência em relação ao perfil cujo encosto tenha um bom suporte lombar [1; 29; 30]. Este perfil tem uma saliência convexa anterior com uma projeção máxima num raio de 110 – 140mm acima do bordo do assento, isto é, a partir do ponto mais baixo sob a tuberosidade isquiática (Figura 3.7) [31].

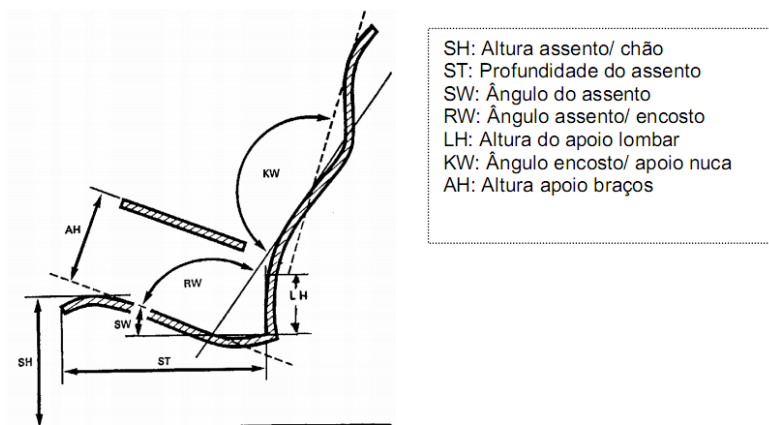


Figura 3.7: Cadeira de Descanso – *Grandjean(1973)* [30].

Inclinação

O modelo biomecânico de *Snijders* [30; 32; 33], demonstra esquematicamente que, quando o encosto é usado, o assento deve ser inclinado para trás na região das tuberosidades isquiáticas, para eliminar as forças de esmagamento entre a pele e a almofada do assento. A Figura 3.8 mostra um diagrama da parte superior do corpo (braços, cabeça e tronco) com as forças de ação do tronco no sujeito sentado.

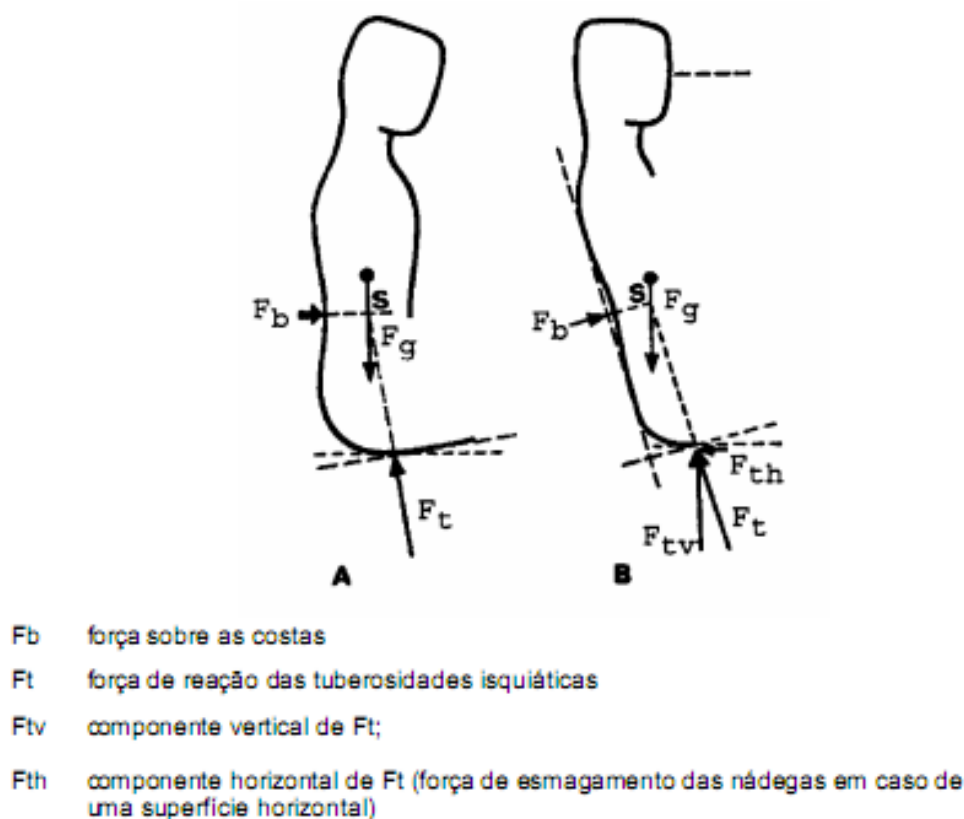


Figura 3.8: Modelo Biomecânico [31].

Ficou evidente nos resultados das pesquisas que uma grande inclinação do assento, com um ângulo entre $20^\circ - 28^\circ$ graus é o preferido, pois a inclinação acentuada prevem o deslizamento da pelve para frente, induzindo a um bom apoio das costas no suporte lombar [30; 32; 33].

Apoio lombar

Para prevenir a rotação posterior da pélvis durante a posição sentada é necessário um suporte na altura da espinha ilíaca póstero-superior, impedindo a cifose lombar e favorecendo a leve curva da lordose lombar. Mas não se vai conseguir uma curva lombar comparável à da posição de pé pois a coluna lombar sempre se vai deformar um pouco na postura sentada [30; 32; 33].

Dimensões

Do ponto de vista biomecânico, apenas as partes das superfícies que realmente dão apoio às partes do corpo (assento, encosto, descanso de braços) podem ser chamadas de funcionais. É importante que a inclinação do assento seja definida como uma inclinação na altura das tuberosidades isquiáticas; podemos observar os ângulos na Figura 3.9 de *Roebuck*, para melhor compreensão da interação poltrona/passageiro [30; 33].

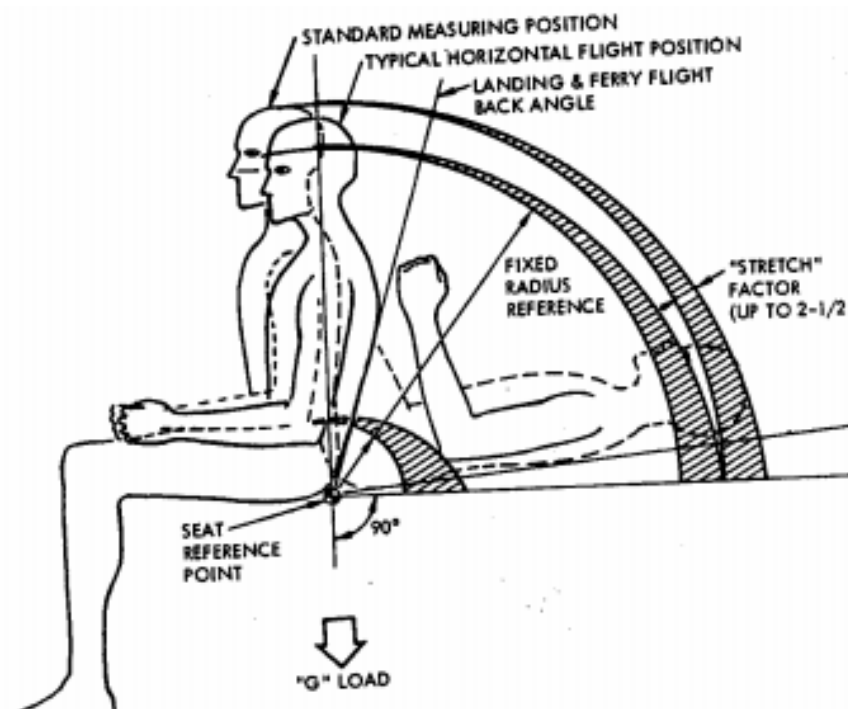


Figura 3.9: Mudanças de ângulos do tronco [31].

Deseja-se com esta pesquisa criar um elo de responsabilidade entre os projetistas de cadeira de rodas, pois pode-se afirmar com segurança e exatidão que as recomendações para o projeto de cadeira de rodas para idosos são específicas e diferem dos parâmetros até então utilizados; portanto, as propostas geradas por esta pesquisa não tem a pretensão de solucionar os problemas da interface tecnológica, mas de minimizar essas problemáticas visando um futuro mais digno e melhor.

Por fim, deseja-se resgatar das propostas iniciais da pesquisa que as hipóteses foram confirmadas e que a presente pesquisa também veio corroborar com a ciência oferecendo uma nova alternativa metodológica e sistemática para o desenvolvimento das tecnologias assistivas, principalmente quando a base projetual estiver apoiada nos conceitos do design ergonômico¹.

¹... “A ergonomia é a ciência aplicada ao projeto de máquinas, equipamentos, sistemas e tarefas, com o objetivo de melhorar a segurança, saúde, conforto e a eficiência no trabalho” ...

Em relação aos dados recolhidos na revisão bibliográfica dos autores de ergonomia, pode-se chegar a algumas recomendações para o conforto, tais como:

- Quando o encosto é usado, o assento deve ser inclinado para trás na região das tuberosidades isquiáticas, para eliminar as forças de esmagamento entre a pele e a almofada do assento [30; 32; 33].
- A força de reação das tuberosidades isquiáticas (F_t – Figura 3.8) não pode ser vertical, pois apresenta uma leve inclinação quando o encosto é usado. Teoricamente, as forças de esmagamento entre o assento e as tuberosidades isquiáticas podem ser eliminadas completamente ao se optar por um ângulo de 90-100° entre assento e encosto [30; 32; 33].
- Quando o apoio lombar é usado, a poltrona inteira deve sofrer uma inclinação para trás, para oferecer um suporte apropriado às tuberosidades isquiáticas em todas as posições [30; 32; 33].
- As principais áreas de desconforto relatadas nas duas pesquisas foram as nádegas e a região lombar baixa, indicando uma falha nos requisitos biomecânicos para essas regiões [30; 32; 33].
- Sugestões de melhorias:

Aumento da profundidade efetiva do assento, que deve ser reto na direção antero-posterior;

Elevação do apoio lombar; ajustes de descansos de braços na altura, com uma translação em vez de uma rotação;

O apoio de braços deve favorecer o equilíbrio de tronco;

3.2 Arquitetura do Produto

Os componentes ou acessórios disponíveis para este produto podem ser observados de uma forma resumida na Figura 3.10. Não esquecer que, a seleção de mais ou menos elementos dependem do utilizador e das necessidades diagnosticadas por alguma entidade da área clínica [15].

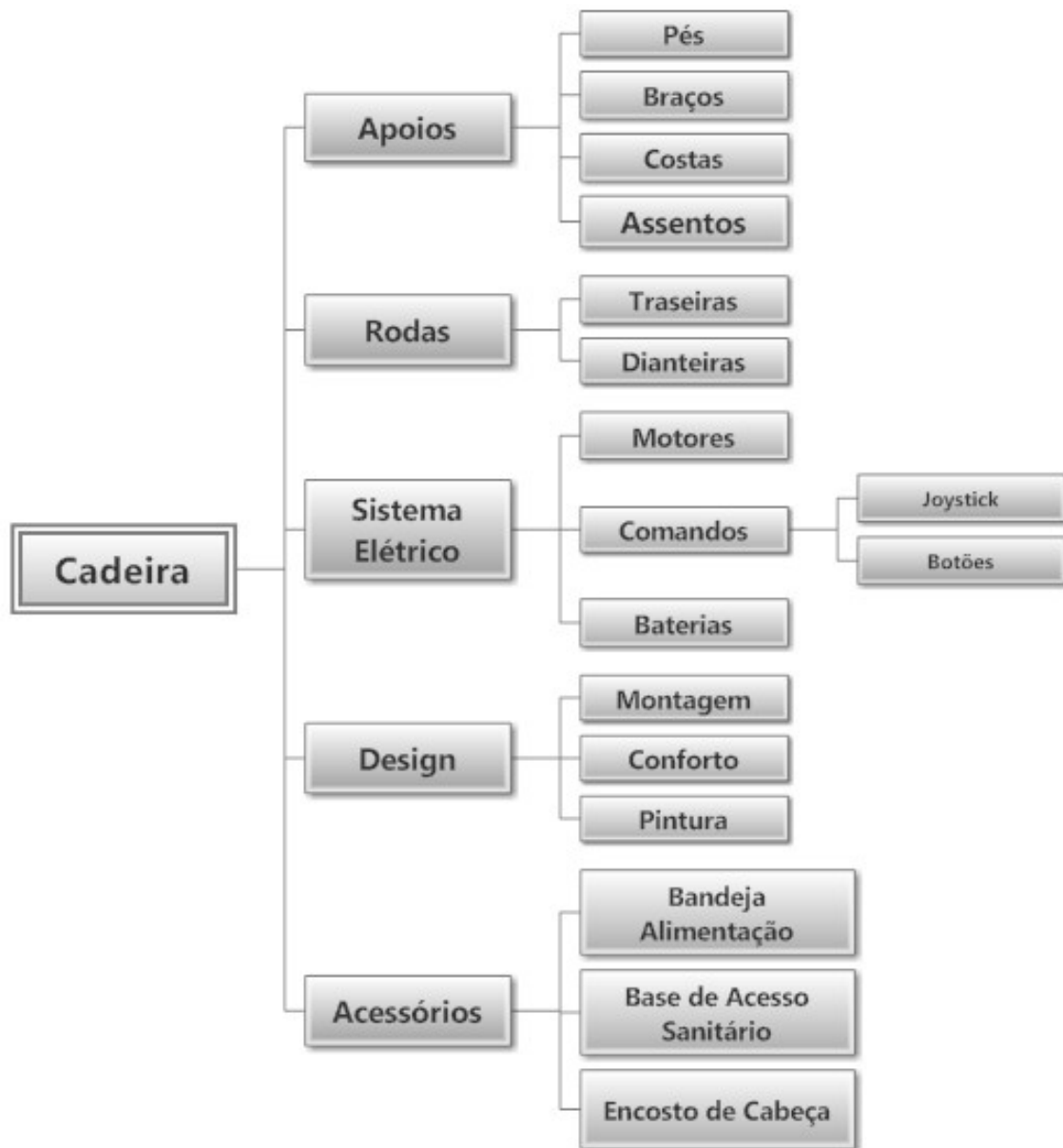


Figura 3.10: Arquitetura do Produto

No entanto, no mercado há muitos outros componentes normalizados que servem de aplicação direta em quase todas as cadeiras existentes, caso seja requerido algum componente com necessidade para um caso específico [34].

3.3 Seleção dos Componentes

3.3.1 Apoio dos Pés

A escolha correta dos apoios dos pés irá afetar posteriormente a sua ergonomia no espaço a utilizar, o sistema de fixação deste conjunto de componentes varia de acordo com a dimensão dos pinos de encaixe na cadeira [35; 36].



[140-111 Footrest, Black Plastic Footplate w/ Heel Loop, Cam-Lock 1/4" Pin Hole, 3" Standard Spacing, Left](#)
Price \$27.54



[140-121 Footrest, Black Plastic Footplate w/ Heel Loop, Cam-Lock 1/4" Pin Hole, 3" Standard Spacing, Right](#)
Price \$27.54



[140-113 Footrest, Black Aluminum Footplate w/ Heel Loop, Cam-Lock 1/4" Pin Hole, 3" Standard Spacing, Left](#)
Price \$27.54



[140-123 Footrest, Black Aluminum Footplate w/ Heel Loop, Cam-Lock 1/4" Pin Hole, 3" Standard Spacing, Right](#)
Price \$27.54



[140-110 Footrest, Silver Aluminum Footplate, Cam-Lock 1/4" Pin Hole, 3" Standard Spacing, Left](#)
Price \$39.60



[140-120 Footrest, Silver Aluminum Footplate, Cam-Lock 1/4" Pin Hole, 3" Standard Spacing, Right](#)
Price \$39.60

Figura 3.11: Apoio dos Pés (Footrest Cam Lock) [36].

Relativamente aos acessórios para os pés, existem dois tipos de conceitos, um para cada pé (Figura 3.11) e para os dois em simultâneo. Sendo que estes últimos melhoram a posição dos pés para um maior conforto e aderência [35; 36].

3.3.2 Apoio dos Braços

Existem várias medidas normalizadas, que dependem do furo de encaixe (diâmetro e distancia entre os furos) e do número existente de furos (2 ou 4); Na Figura 3.12, a título de exemplo, podem observar-se alguns destes componentes standards disponíveis no mercado assim como alguns preços [37].

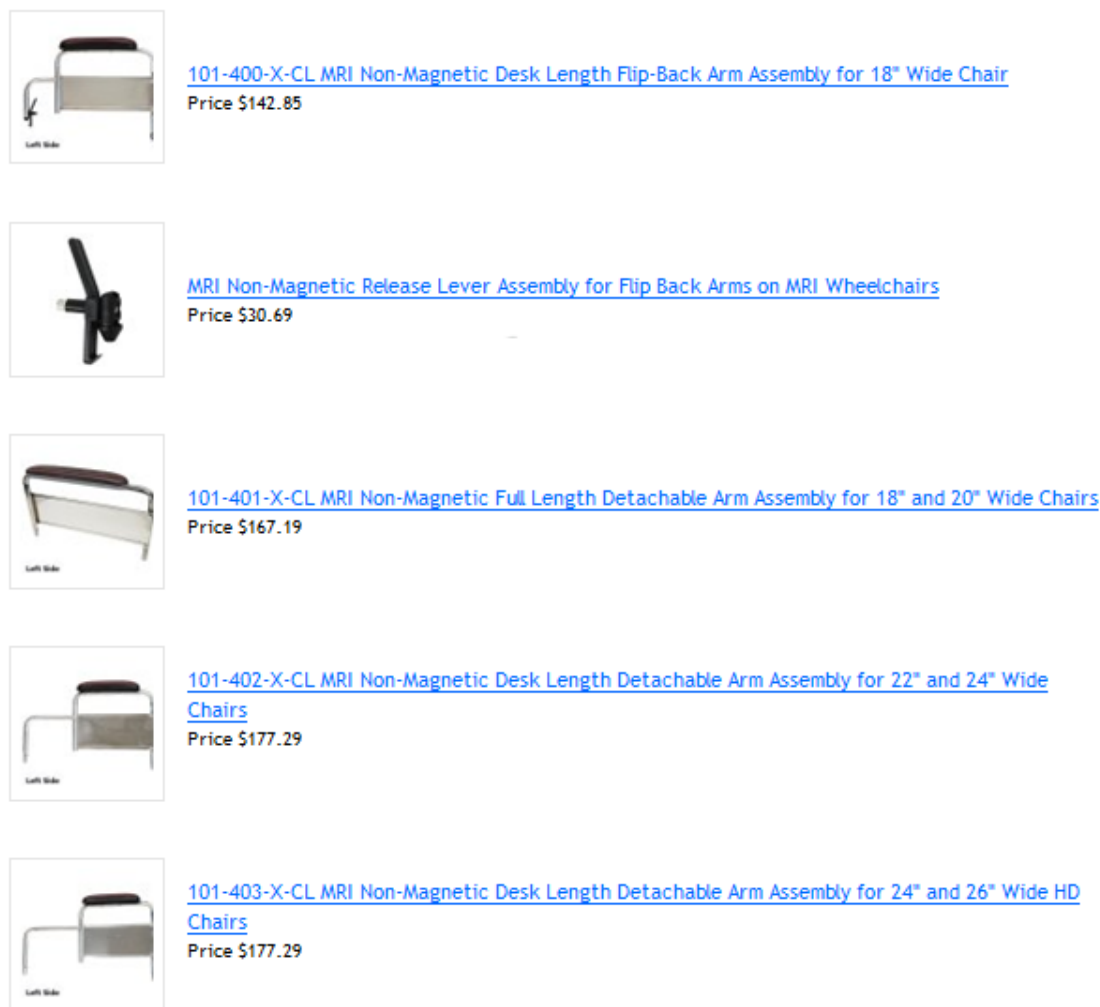


Figura 3.12: Apoio dos Braços (Armrest Assembly Parts) [37].

Este componente diminui bastante o custo do produto ao simplifica-lo, mas garantindo ao mesmo tempo a sua função de utilização. Aumenta-se deste modo a expectativa do cliente ao diminuir o custo final do produto (*Diagrama de Kano*).

3.3.3 Apoio das Costas

O encosto deve ser no mínimo forrado com espuma [11], caso o paciente apresente mobilidade, a altura do encosto deve propiciar liberdade de ação da cintura, tendo uma medida de conforto aproximadamente 3cm abaixo do ângulo inferior da escápula. É imprescindível que a altura do assento não fique sobre a proeminência óssea, prevenindo úlceras causadas pela pressão [10].

Este componente é bastante importante, pois possibilita evitar possíveis novos problemas que podem surgir devido à sua utilização prolongada. O material, a ergonomia e o conforto são as necessidades essenciais para a seleção de um bom apoio lombar [38], a existência de diferentes tamanhos e estilos é uma mais valia na escolha das necessidades (Figura 3.13).



[132-8CL Flat Back Upholstery, \(N\) Hole Punch, 18" Wide x 24" Tall](#)

Price \$32.34



[184-9CL Embossed Back Upholstery, \(N\) Hole Punch, 18" Wide x 18" Tall](#)

Price \$35.94



[18" Tall Back Upholstery](#)



[18 1/2" Tall Back Upholstery](#)



[24" Tall Back Upholstery](#)



[26" Tall Back Upholstery](#)



[Drop Hook Back - Quick Release - fits 1" Tubing - 2 1/2" Drop - 1 1/2" Standard Foam](#)

Price \$151.69



[Adjustable Drop Hook Back - Standard Clamp - fits 7/8" Tubing - 1 1/2" Standard Foam](#)

Price \$165.91

Figura 3.13: Apoio das Costas (Back Upholstery for Wheelchairs) [38].

3.3.4 Assentos

Existem vários tipos de assentos com diferentes materiais [11], formatos [7] e tamanhos [39] (Figura 3.14). No entanto, deve-se levar em conta a simplicidade do mesmo, de forma a satisfazer todas as condições necessárias para o utilizador alvo.

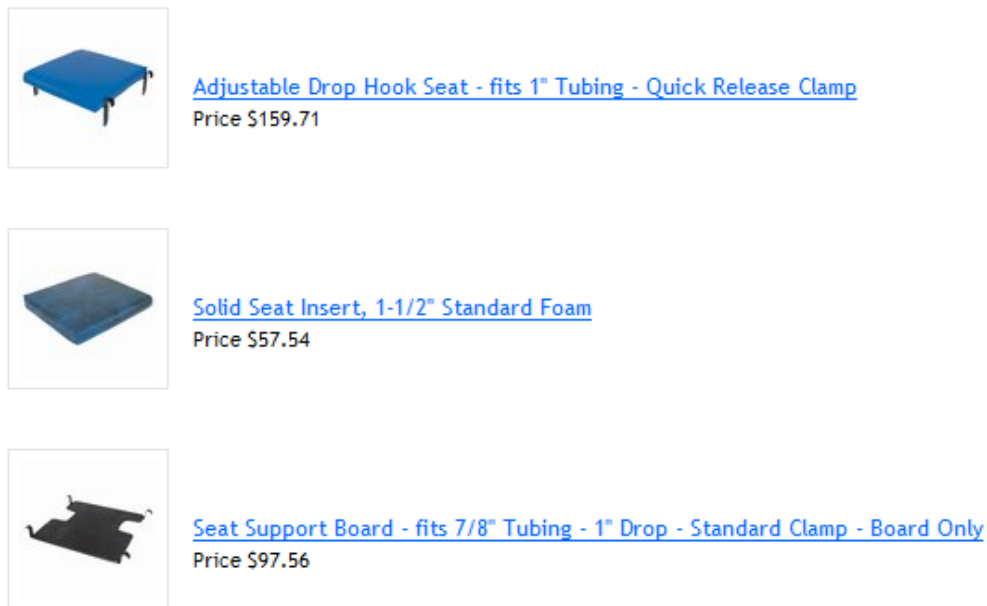


Figura 3.14: Assentos (Seat Upholstery for Wheelchairs) [39].

A folga da profundidade do assento deve ser de 5cm (Figura 3.15). Tal profundidade deve-se ao fato de aliviar pontos de pressão na “fossa poplíteia” (devido a assentos longos) e nas “tuberosidades isquiáticas” (no caso de assentos curtos) [10; 33].

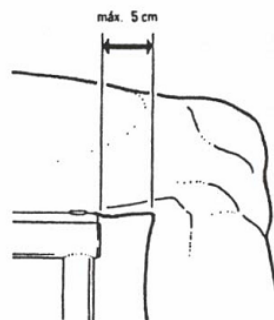


Figura 3.15: Profundidade do Assento [33].

A altura, a largura e a profundidade, são os 3 parâmetros deste componente que podem facilmente ser alterado para as necessidades de cada utilizador. Isto aumentaria as expectativas de personalização e ergonomia, indo assim ao encontro da satisfação dos clientes.

3.3.5 Rodas Traseiras

Há a possibilidade dos pneus serem com ou sem câmara de ar (Figura 3.16). Os pneus sem câmara de ar têm três opções: maciços de espuma de borracha sintética, de polipropileno e tubulares [40]. Devem priorizar-se aqueles que apresentam câmara de ar, por contribuírem para a suavidade do amortecimento dos rolamento em pisos irregulares e permitirem também o manuseio independente da cadeira de rodas. Uma das necessidades destes tipo de pneus é a calibragem e continua verificação da sua rigidez, em que os valores médios são preferidos (nem muito cheio nem vazio) [10].

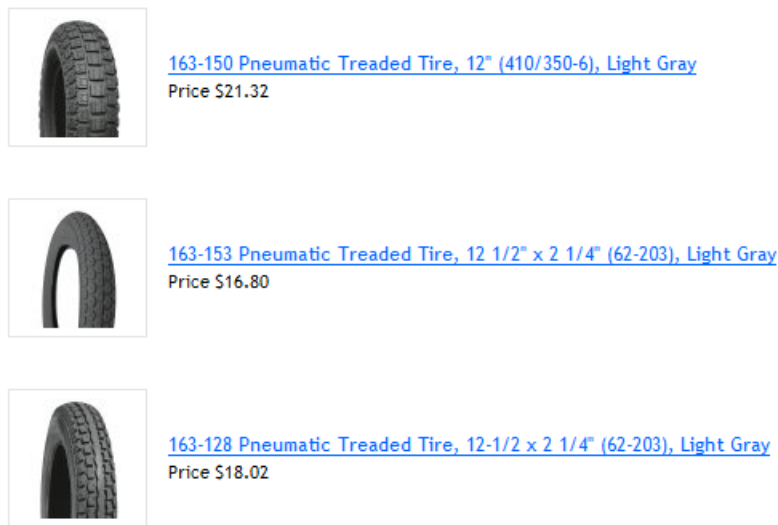


Figura 3.16: Rodas Traseiras (Pneumatic Tires) [40].

As rodas podem ser fixas ou apresentar um sistema conhecido como “*quick release*”, permitindo uma rápida desmontagem, o que facilita o transporte da cadeira e influenciam também o peso do produto final [10].

Existem varias opções disponíveis no mercado, tal como nas rodas dianteiras (5"–24") (Figura 3.17), para diferentes utilizadores. Existindo a possibilidade de substituir as rodas traseiras convencionais por rodas traseiras de trânsito, facilitando a passagem em locais apertados e de uso em habitações/lares [40].



Figura 3.17: Acessórios Rodas [40].

3.3.6 Rodas Dianteiras

Existem varias opções disponíveis para a seleção deste componente, em função das necessidades e preferências do utilizador (Figura 3.18). No *Anexo 2*, podem ser observados mais alguns exemplos de rodas e rodízios produzidos em Portugal pela empresa *Mecanarte - Metalúrgica da Lagoa, Lda*[41], possíveis de adaptar ao produto através do dimensionamento de um apoio para o efeito.

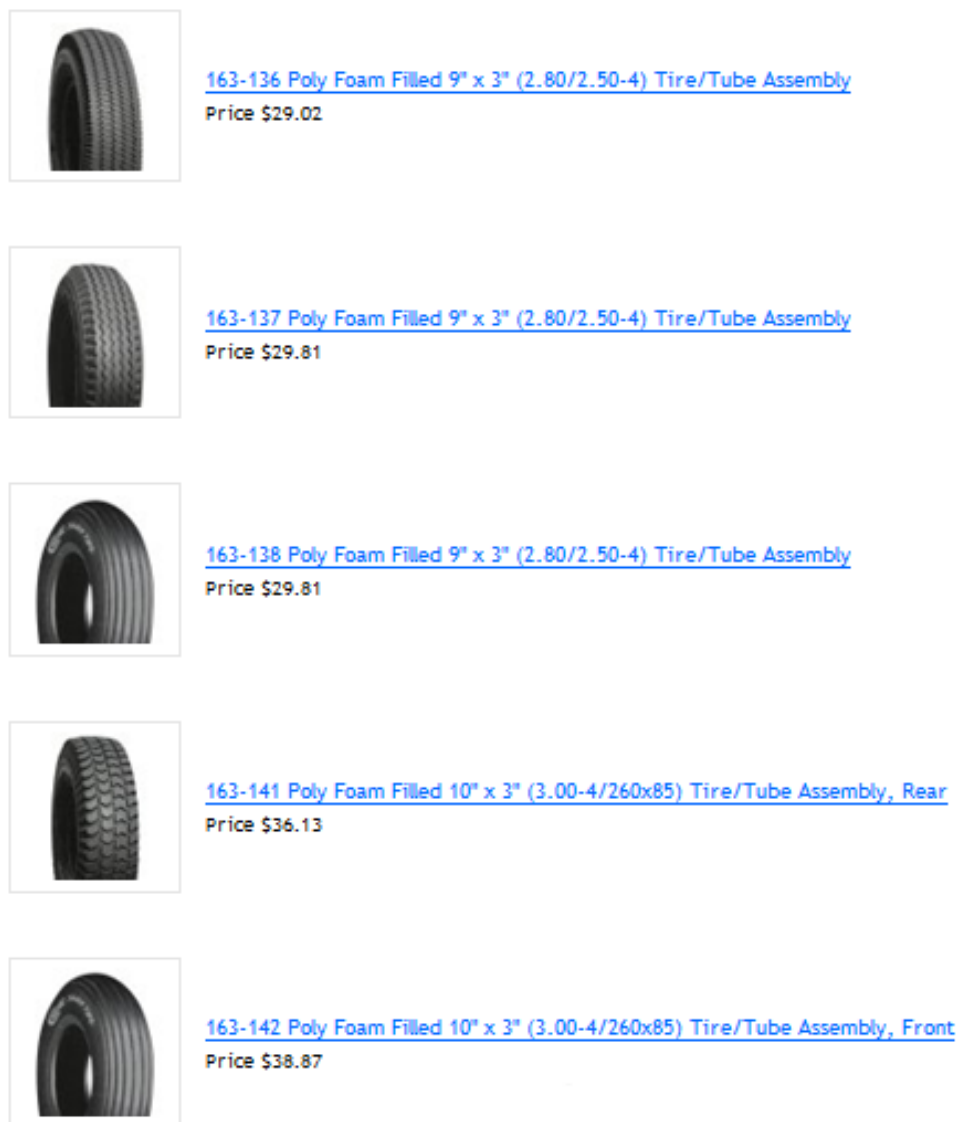


Figura 3.18: Rodas Dianteiras (Poly Foam Filled Tires) [42].


Como elemento importante de segurança, a existência de rodas anti-tombo é útil para estabilizar a cadeira em declives acentuados e assim propiciar maior segurança. No entanto, estas devem ser removíveis pois caso contrario podem impossibilitar o uso da cadeira em alguns terrenos [42].

3.3.7 Motores

A utilização de sistemas motorizados (normalmente 2 motores), para além da comodidade de mobilidade, ajudam também a evitar o aparecimento de lesões nas articulações do ombro, do cotovelo e do punho. Estas lesões podem acontecer devido ao não alinhamento entre os ombros e o centro da roda de impulsão manual, designado por “*Strokes*”, que não é mais que o movimento total da mão desde que entra em contacto com o anel da roda traseira até à sua posição inicial [2; 15; 43].

Tabela 3.1: Tipo de motores [43].

Power Wheelchair Gearmotor



View Specs

- Power Wheelchair Gearmotor

TelcoMotion offers a wide range of motor solutions for power wheelchairs. Our drive motors offer the smooth and reliable operation that is critical for mobility equipment.

Features

- Dependable, quiet gearmotors for reliable, long life operation
- Output power ranges from 150w to 1300w
- Motor diameter ranges from 63mm to 105mm
- Loading ranges from 280 lbs to 1000 lbs
- Customization available based on your design and performance specifications

Applications

- Power Wheelchair

Power Wheelchair Gearmotor							
Part No.	Output Power	Voltage	Current	Speed	Gear Ratio	Brake	Noise
	W	V	A	RPM			dBA
GZD082-15	150	24	2	3200±100	1:32	DC 24V 0.5A 20Kgf-cm	62
GZD071-15	150	24	2	3200±100	1:50	DC 24V 0.45A 30Kgf-cm	60
GZD082-20	200	24	2	3800±100	1:32	DC 24V 0.5A 20Kgf-cm	62
GZD124-20	200	24	2.5	2800±100	1:20	DC 24V 0.5A 40Kgf-cm	62
GZD082-25	250	24	2.5	4200±100	1:32	DC 24V 0.5A 20Kgf-cm	62
GZD082-30	300	24	3	4200±100	1:25	DC 24V 0.5A 40Kgf-cm	65
GZD082-30D	300	24	4.5	5300±100	1:25	DC 24V 0.5A 30Kgf-cm	62

Estes motores (Tabela 3.1), proporcionam uma menor fadiga ao utilizador uma vez que facilitam o movimento da cadeira. A sensibilidade dos motores pode ser regulada permitindo equilibrar a diferença de força nos braços do utilizador e pode ser ajustada permitindo que o utilizador faça mais ou menos esforço [2; 16; 44].

No *Anexo 3*, apresentam-se as fichas técnicas de alguns modelos, com diferentes potências e configurações para diferentes necessidades. Estes motores são de grande rendimento e otimizam o consumo mínimo das baterias.

3.3.8 Comandos e ergonomia

A ativação será feita através de um leve toque do comando (“*Joystick*” Figura 3.19 e *Anexo 4*). Este permite o acionamento dos motores, que por sua vez proporcionam a mobilidade da cadeira e ainda permitem uma travagem suave, executando o movimento oposto ao de acionamento e possibilitando a marcha atrás. Além disto, as travagens permitem recuperar energia para as baterias.



Figura 3.19: Comandos – *Joystick* [45].

Existem vários formatos para facilitar a utilização conforme o publico alvo, desde as coloridas para crianças (“*Controlbutton*” Figura 3.20), até neurológicos (“*Head array*” Figura 3.21), para pessoas com mobilidade mais limitada [45; 46].

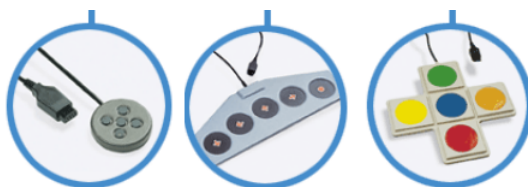


Figura 3.20: Comandos – *Controlbutton* [45].




Figura 3.21: Comandos – *Head array* [46].

3.3.9 Baterias

As baterias são um dos principais requisitos a levar em linha de conta neste tipo de produto (cadeiras motorizadas), visto que afetam a facilidade de transporte. Este sistema pode ser montado em quase todas as cadeiras de rodas manuais, onde o seu principal problema é o aumento do peso da cadeira, o que dificulta a sua mobilidade quando utilizado apenas o sistema manual. O custo de aquisição é relativo e a duração de funcionamento da mesma é baixa (algumas horas) [2; 44; 47].

Tabela 3.2: Baterias e preços [47].

			
Price	\$125.00	\$42.00	\$199.00

<p>Universal Power Group UB-22NF GEL Sealed Lead Acid Gel</p> 	<p>Universal Power Group UB-24 GEL Lead Acid Gel Battery</p> 	<p>MK Battery 24 Sealed Gel Battery</p> 	
Price	\$149.00	\$189.00	\$222.00

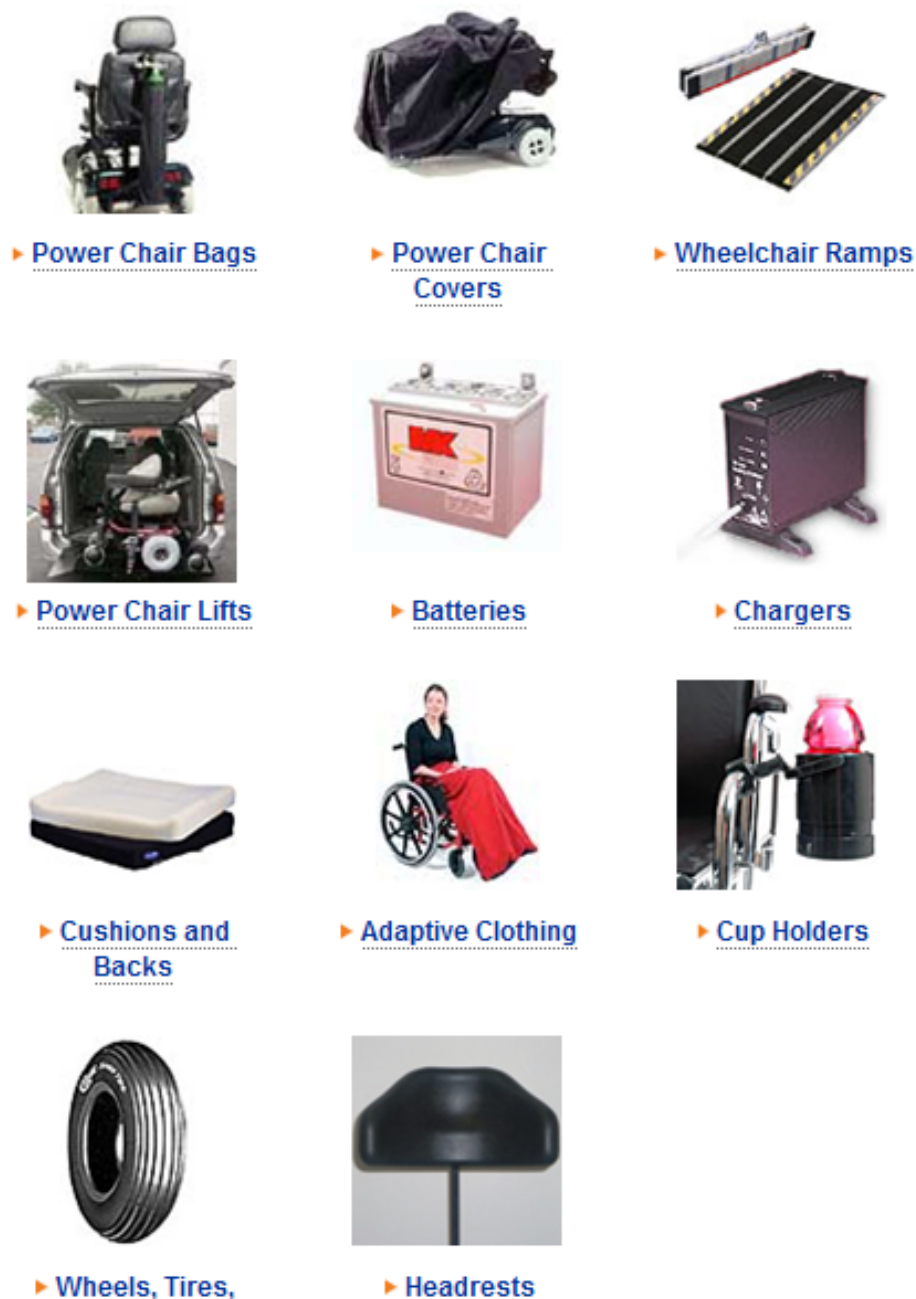
<p>Universal Power Group UBU1/GEL Sealed Lead Acid Gel</p> 	<p>Universal Power Group UB12750 Sealed Lead Acid Battery</p> 	<p>Universal Power Group UB12550 Sealed Lead Acid Battery</p> 	
Price	\$114.00	\$190.00	\$174.00

Na Tabela 3.2, apresenta-se algumas marcas e preços de baterias, estes são de acordo com as características que estas possuem tanto a nível de tensão e amperagem, como a nível de capacidade de carga e recargamento. Para melhor observação das características e dos modelos de cadeiras para os quais algumas baterias são sugeridas, ver o *Anexo 5*, onde se apresentam outros exemplos deste componente.

3.3.10 Acessórios

Existe uma grande variedade de acessórios disponíveis no mercado de fácil adaptação. No entanto, muitas são as pessoas que procuram adquirir uma cadeira com muitos componentes e sem necessidades para eles. A solução ideal seria adquirir os acessórios necessários presentes na Tabela 3.3, através de prescrição médica e posteriormente, mediante o uso do produto e do seguimento do utilizador [48; 49].

Tabela 3.3: Acessórios [48].



Capítulo 4

Desenvolvimento Conceptual

4.1 Geração de Ideias

Para um bom projeto, não podemos esquecer certos pormenores como a utilização de elementos reguláveis, para permitir uma melhor adaptação à fisionomia do usuário (Figura 4.1); apresentando uma boa área de contacto das partes e tornando o sistema mais seguro [16].



Figura 4.1: Ergonomia e Design (esboços iniciais).

A pessoa sentada na cadeira de rodas poderia constituir um conjunto de “fusão de forma”, sem que se pudesse distinguir que era uma pessoa sentada numa cadeira de rodas. Esta ideia é naturalmente utópica, contudo pode-se tentar chegar a tal objetivo. Por exemplo, rodas “disfarçadas”, talvez com uma espécie de “guarda lamas” de cor discreta de modo que parecesse um cadeirão com grandes apoia braços, evitando que o usuário tenha contacto com o aro (evitando outros problemas ao usuário).

Ferramentas como o *Mind-Map* [50], permite estruturar, organizar, identificar, etc; informação relacionada com pontos chave, tal que é utilizado como gerador de ideias, conhecimento e informação visual (Figura 4.2 e Figura 4.3).

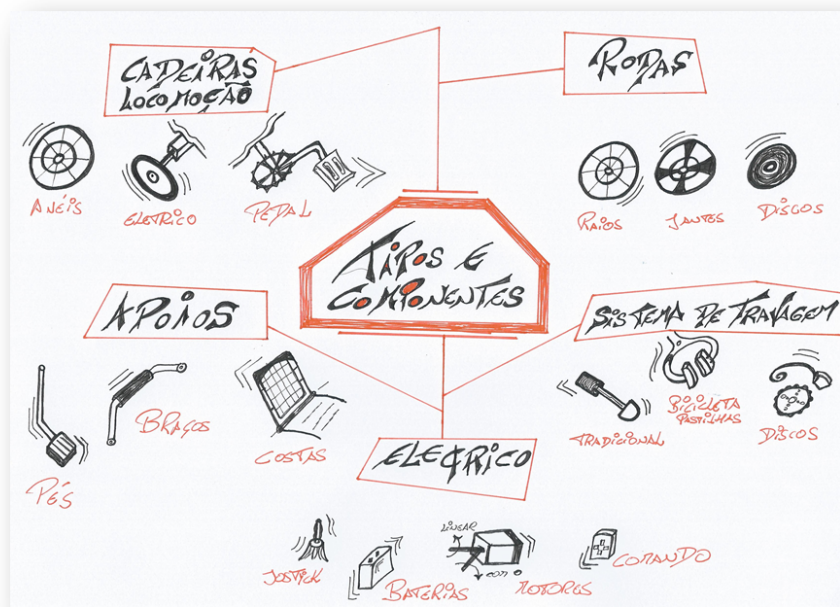


Figura 4.2: Mind Map – Mercado.

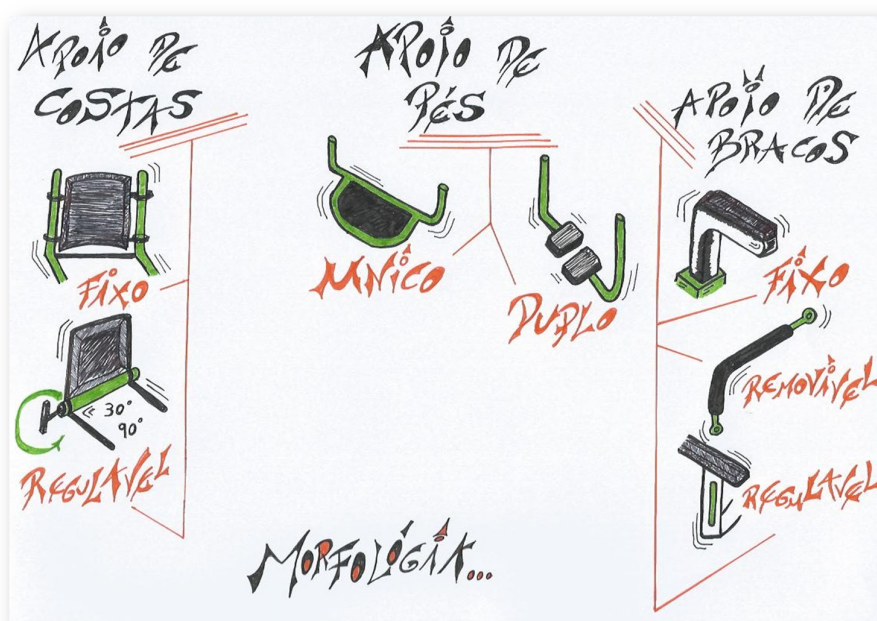


Figura 4.3: Morfologia Estrutural.

O apoio de costas possibilita uma variação da posição da altura através de uma regulação discreta, a da largura do apoio de costas por troca deste elemento ou por adição de mais um elemento modular desenvolvido para esta função, para os quais existem várias medidas possíveis que abrangem na totalidade as necessidades dos ocupantes.

O banco é realizado através de um sistema modular e o apoio de braços, tal como o apoio de pés, foi projetado de modo regulável (Figura 4.4).

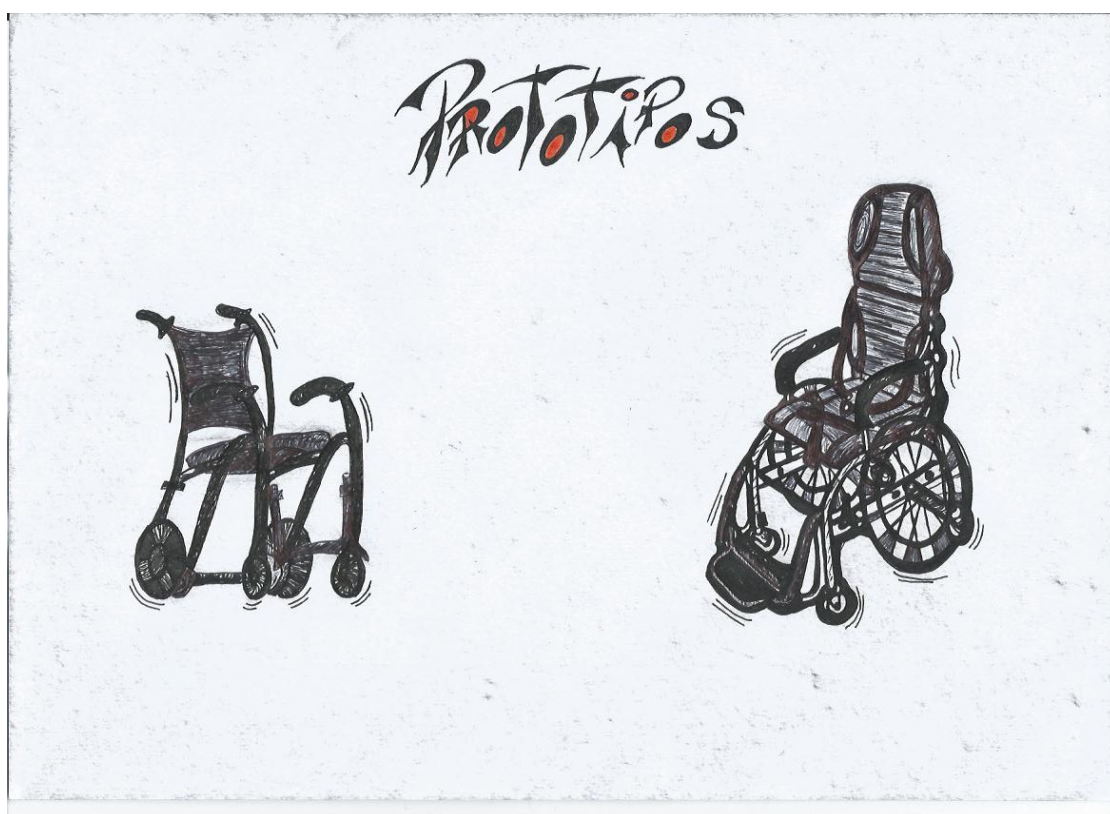


Figura 4.4: Protótipos.

Um critério importante é a biomecânica: para diminuir a sobrecarga da posição sentado deve-se trabalhar a postura, oferecendo ao produto ajustes dentro dos limites aceitáveis e seguros, para os vários componentes e assim melhorar o conforto para o usuário. Os tipos de regulações para este produto devem ser fáceis e intuitivas, permitindo que o utilizador ou uma terceira pessoa efetue as alteração para um melhor conforto, utilizando pouca energia e o mais rapidamente possível [2].

4.2 Modelos CAD

Proposta 1

Na procura de uma solução para o produto final, nomeadamente em relação à adaptabilidade de utilização em habitações. O mecanismo escolhido deve adaptar-se às necessidades e requisitos do utilizador, na procura de melhorias quando comparado com outros produtos presentes no mercado. Deverá também apresentar diversas vantagens, entre elas, uma diminuição no peso total da estrutura quando comparado com o sistema tradicional.

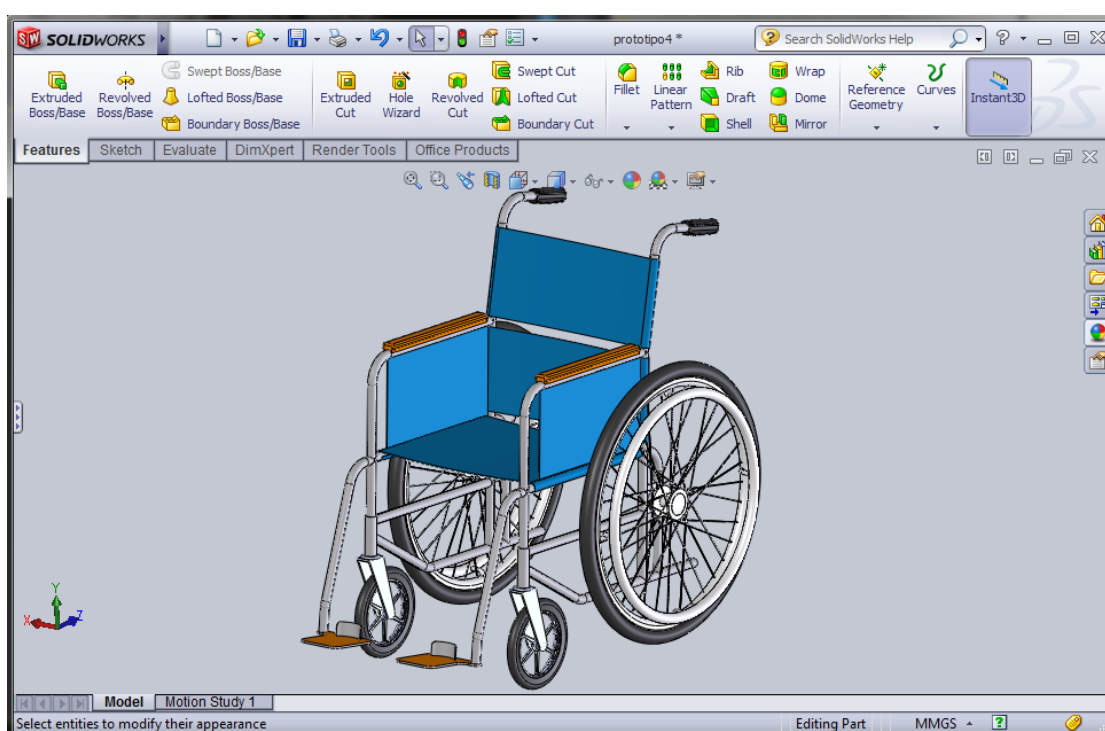


Figura 4.5: Proposta 1.

Este primeiro modelo presente na Figura 4.5, procura a simplicidade do que seria uma cadeira para as necessidades diárias de um utilizador comum, com as dimensões antropométricas padronizadas, para desta forma obter uma diminuição das mesmas dentro das necessidades do cliente alvo. A figura exemplifica ainda o que a concorrência tem para oferecer dentro das características e componentes convencionais de qualquer cadeira para uso geral.

Este modelo convencional, é fácil de ser movimentado por um ajudante normal e de boa acessibilidade á pessoa com necessidade de mobilidade em cadeira de rodas, mas é bem conhecido e o desenho é praticamente “normalizado”.

Proposta 2

No caso da Figura 4.6, apresenta-se um modelo mais adequado às necessidades dentro de habitações, mas com um design pouco ergonómico e pouco atractivo, o tamanho diminuído das rodas é esteticamente agradável, mas de difícil propulsão manual pelo utente.

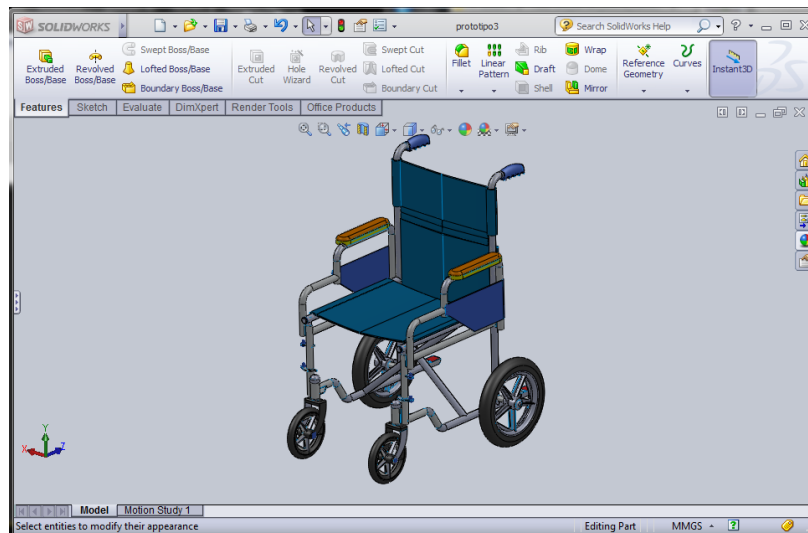


Figura 4.6: Proposta 2.

Proposta 3

A proposta apresentada na Figura 4.7 procura favorecer a ergonomia, mas ao mesmo tempo o peso da estrutura, que se procura sempre diminuir, vai ser incrementado, visto que, tem que receber motorização externa. O assento e o encosto precisa de uma superfície dura na qual é acoplada uma estrutura modular almofadada.

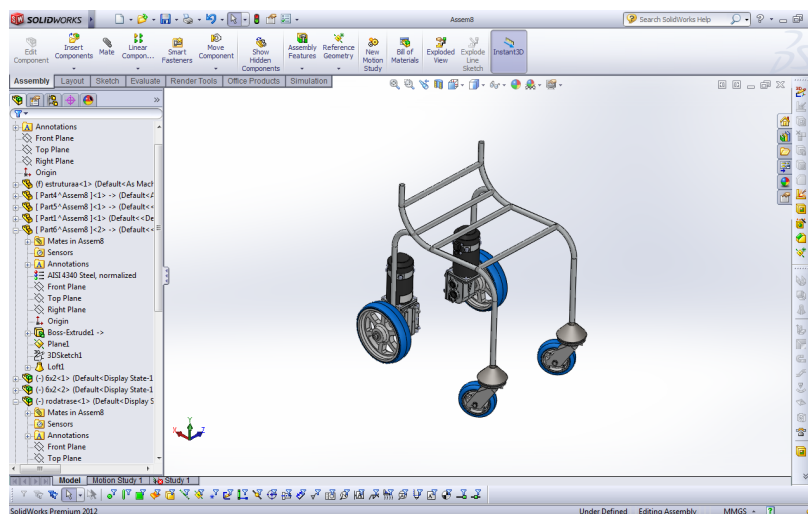


Figura 4.7: Proposta 3.

Proposta 4

A ideia presente na Figura 4.8 surgiu de uma cadeira de estar, o que deu origem a uma cadeira que apresenta benefícios ao nível do conforto na posição de sentado para a mobilidade. Pois a mesma, permite ao utilizador a partir do esforço que este aplica no apoio dos pés, efetuar uma mudança para uma posição deitada. Assim, o produto terá mais do que uma função, no entanto, esta possível adaptação não foi considerada como Requisito do Cliente. Há contudo a possibilidade de alguma dificuldade ao sentar e levantar, por causa do angulo mais amplo a impor às pernas para se acomodar.

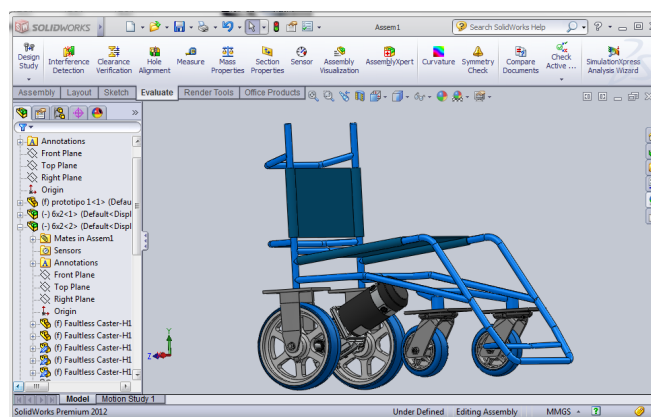


Figura 4.8: Proposta 4.

Proposta 5

A proposta da Figura 4.9 permite que os mecanismos presentes na cadeira sejam mais flexíveis e adaptáveis, onde se aumentou também o número de elementos móveis sem comprometer o seu peso final total, o que sugere uma considerável melhoria. A cadeira poderá assim ser adaptada às medidas antropométricas do seu utilizador, sendo que agora não apresenta a função de repouso como a da proposta anterior.

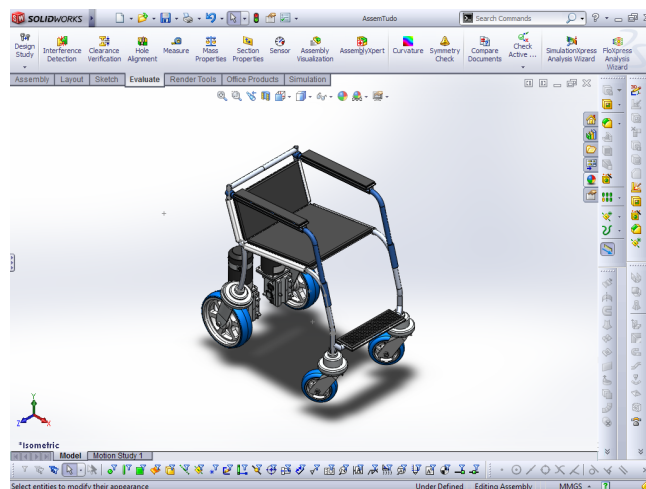


Figura 4.9: Proposta 5.

4.3 Fotorrealismo

Na Figura 4.10 pode-se observar um design simples e ergonómico, similar a uma cadeira de estar de qualquer habitação. Podendo adaptar-se as rodas prescritas, dependendo do local de utilização da cadeira assim como dos seus componentes, necessários para o utilizador (ver *Anexo 8*, página 128).



Figura 4.10: Modelo final proposto.

Na Figura 4.11 tem-se uma percepção mais nítida das diferenças entre cadeiras, comparando-se a cadeira presente com uma cadeira manual para uso em habitações.



Figura 4.11: Modelo final proposto e a sua comparação com um modelo tradicional.

4.4 Análise do Conceito

Tem como objetivo melhorar a confiança dos produtos e processos através da análise sistemática de possíveis falhas e suas consequências, orientando na adoção de medidas corretivas ou preventivas.

A árvore de falha, é um modelo gráfico que permite mostrar de uma maneira simples, o encadeamento dos diferentes eventos que podem dar por resultado um evento principal (falha ou problema particular do sistema), desde desgaste, deformações plásticas, propriedades dos materiais, corrosão, lubrificação, lacamento, etc

4.4.1 Desgaste nas Zonas de Encaixe



Figura 4.12: Desgaste nas Zonas de Encaixe.

Modo de Falha - Não estabilidade da cadeira.

Causa - Falha no dimensionamento (encaixe e/ou fixação).

Efeito - Elementos desmontam-se.

Meios de Detecção - Visual e verificando a sua estabilidade.

4.4.2 Rutura da Estrutura

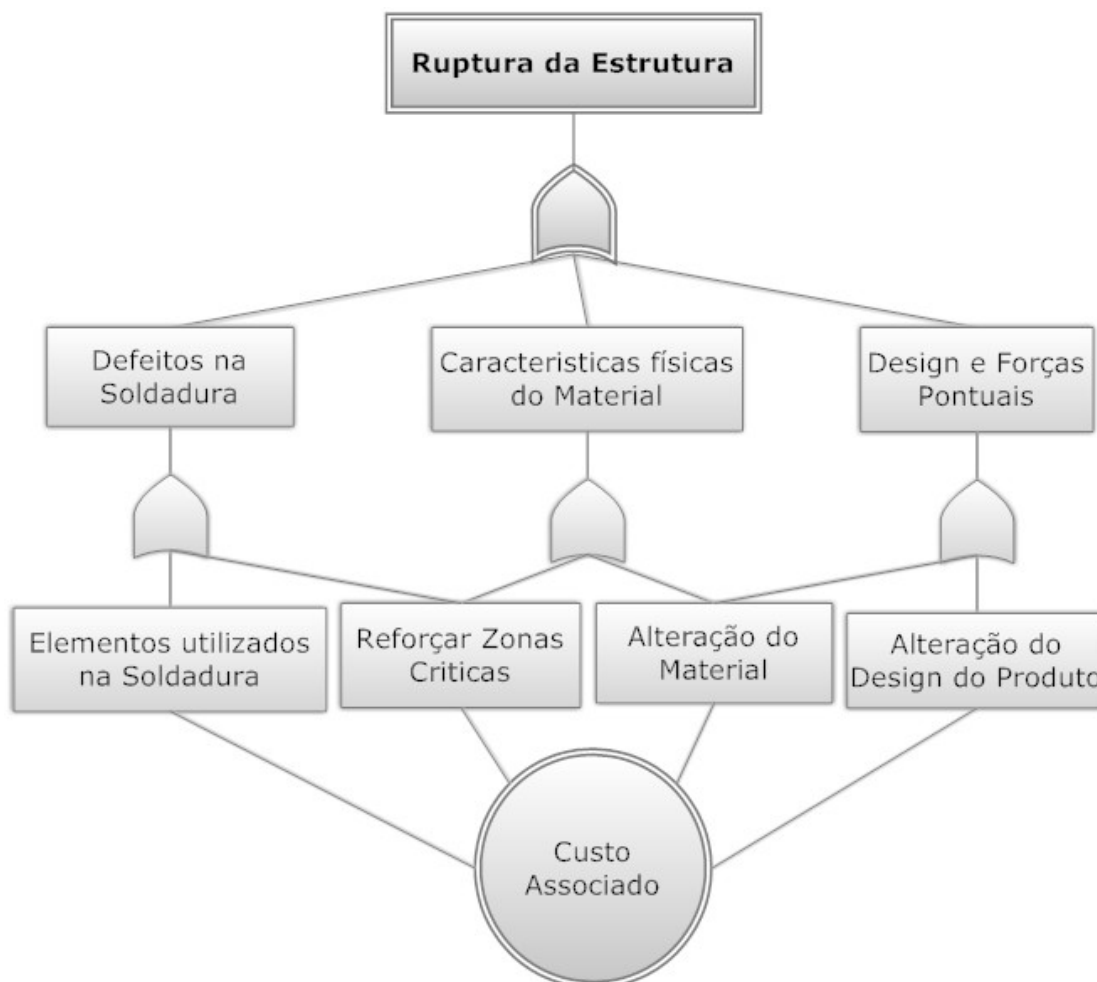


Figura 4.13: Rutura da Estrutura.

Modo de Falha - Rutura da estrutura.

Causa - Deformação da estrutura.

Efeito - Cadeira sem segurança

Meios de Detecção - Ensaios estruturais (elementos finitos).

4.4.3 Sistema Elétrico



Figura 4.14: Sistema Elétrico.

Modo de Falha - Motor parou de funcionar.

Causa - Falha do sistema elétrico.

Efeito - Cadeira deixa de rodar.

Meios de Detecção - Indicador do estado da bateria e inspeção visual.

Uma vez obtido o conjunto de eventos que constituem o limite da árvore e identificadas as denominadas causas básicas, deverá ser elaborado um plano de ação visando ao bloqueio das mesmas.

Capítulo 5

Projeto Mecânico

5.1 Simulação Numérica

Para grande parte das análises, considera-se a força da gravidade (peso) a atuar no centro de massa do corpo, sendo a partir dessa posição que se determina a contribuição desta força para o equilíbrio estático em termos de força e momentos (Figura 5.1) [13].

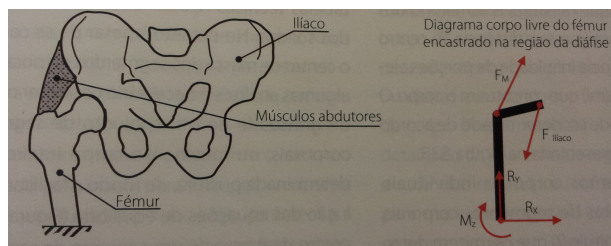


Figura 5.1: Diagrama do corpo livre para o fêmur [13].

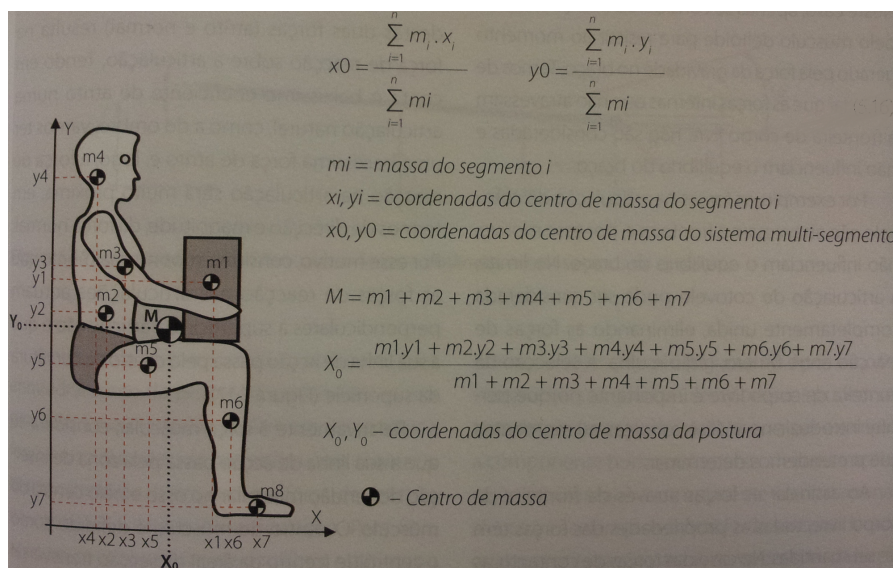


Figura 5.2: Determinação do centro de massa [13].

No entanto, apesar de se conhecer o centro de massa dos segmentos corporais, ou mesmo do corpo inteiro numa determinada postura. De modo a facilitar a resolução das equações de equilíbrio, o centro de massa pode ser determinado pela expressão presente na Figura 5.2 [13].

Nesta secção, determinam-se as forças de reacções [13], em especial na zona da cabeça do fêmur (anca) e a força do músculo glúteo na posição de sentado para melhor análise e compreensão das forças envolvidas. Podendo assim ter bases para posteriormente simular a estrutura através desta delimitação do corpo livre (Figura 5.3).

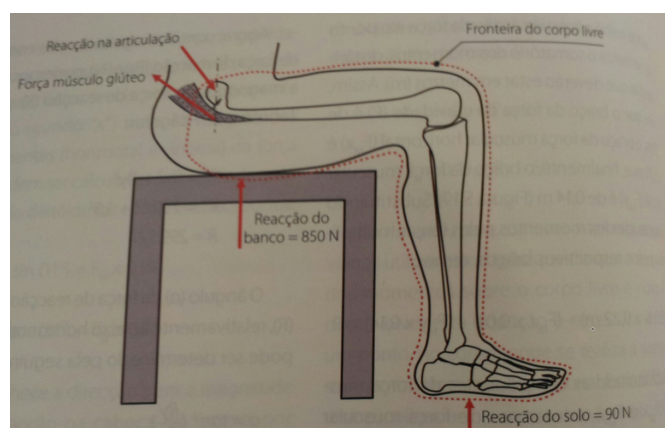


Figura 5.3: Delimitação do corpo livre e forças [13].

As forças que atravessam a estrutura da cadeira, são a força de reação do solo (R_s), que empurra o pé para cima; a força de reação do banco (R_b), que empurra a coxa para cima; a força de reação na cabeça do fêmur (R_f) e a força muscular exercida pelo músculo glúteo (F_m). Podendo relacionar com esta as ultimas, as componentes da força muscular (F_{mx} e F_{my}), desprezando as forças gravíticas sobre o membro (Figura 5.4) [13].

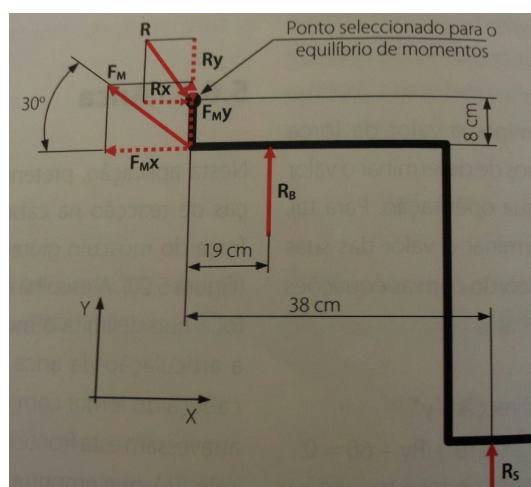


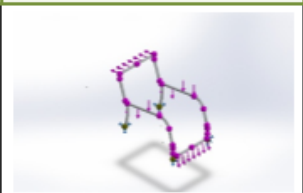
Figura 5.4: Diagrama de corpo livre [13].

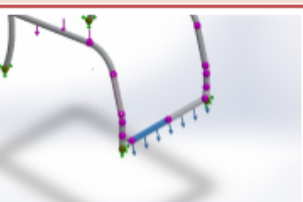
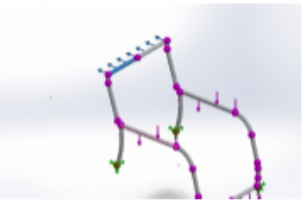
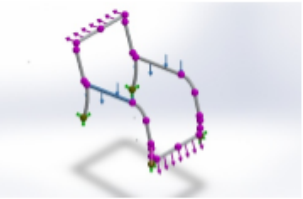
5.1.1 Simulação da Estrutura

Estática

Após a seleção do conceito mais adequado para o cliente alvo e da definição das medidas ergonômicas e antropométricas, procedeu-se à simulação estática da estrutura, tendo-se como base a aplicação das forças presentes na Tabela 5.1 e considerando-se um coeficiente (γ_D).

Tabela 5.1: Estrutura estática– *Solidworks®* Report.

Fixture name	Fixture Image	Fixture Details
Fixed-1		Entities: 4 Joint(s) Type: Fixed Geometry

Load name	Load Image	Load Details
Force-2		Entities: 2 Beam (s) Type: Apply force Values: ---, ---, -180 N Moments: ---, ---, --- N-m
Force-3		Entities: 2 Beam (s) Type: Apply force Values: ---, ---, 140 N Moments: ---, ---, --- N-m
Force-1		Entities: 2 Beam (s) Type: Apply force Values: ---, ---, -1700 N Moments: ---, ---, --- N-m

Em todo o processo de preparação e resolução numérica do problema, foram definidas todas as componentes geométricas, das propriedades dos materiais e dos meios envolvidos, das condições fronteira e das solicitações a que o produto se encontra sujeito.

O primeiro caso é o de dimensionamento estrutural considerando o peso de um utente: a aplicação deste modo de solicitação à estrutura da cadeira só muito raramente se efetua de forma gradual; vem mais frequentemente a pessoa deixar-se cair de uma altura pequena, originando um peso virtual que corresponde à aplicação de um coeficiente dinâmico equivalente (γ_D) ao peso real, ficando deste modo:

$$\gamma_D \times P_{real} = P_{virtual} \quad (5.1)$$

Um dimensionamento mais realista, consiste em considerar $\gamma_D \simeq 2$, sendo o peso virtual o dobro do peso real. O material selecionado para a estrutura e para as simulações, foram tubos de alumínio com as seguintes dimensões $\emptyset 21.3 \times 2.3$ e o peso total da estrutura é de $1345.42gr$.

O modelo simulado é do tipo *Linear Elástico Isotrópico* [51] e a simulação apresenta um deslocamento máximo de $2.547mm$ na zona do apoio das costas. Deslocamento este, que se apresenta como um resultado bastante satisfatório dada as forças aplicadas, garantindo desta forma o parâmetro de grande importância, como é a estabilidade da estrutura (Figura 5.5).

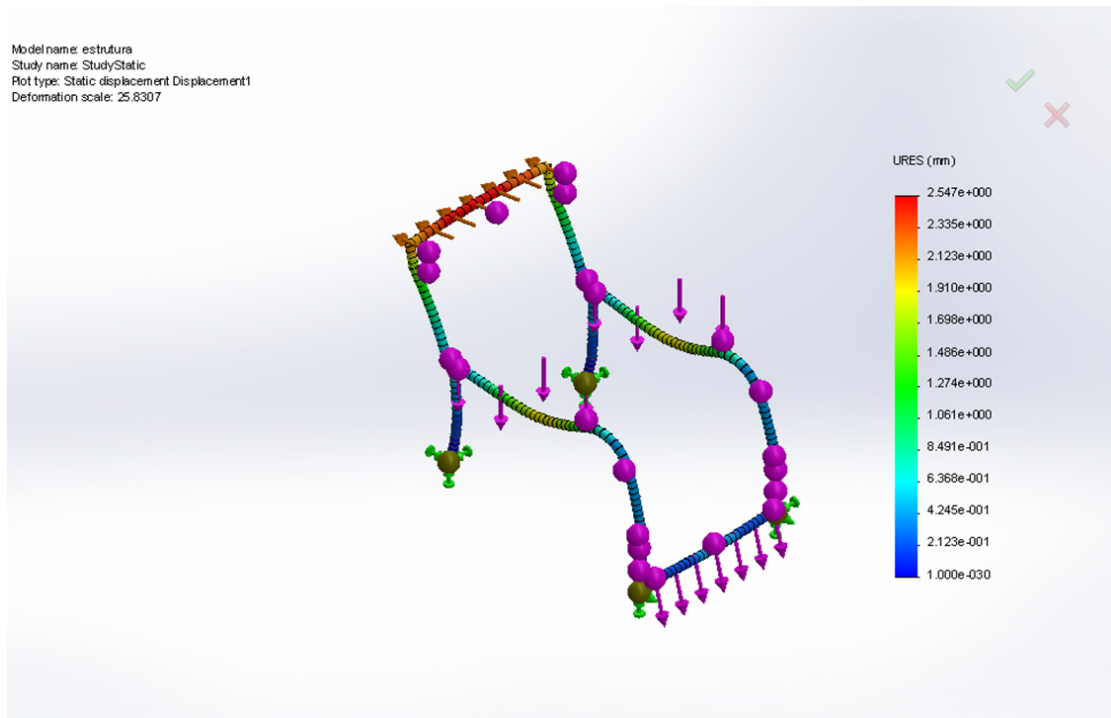


Figura 5.5: Simulação Estática (Deslocamento).

O método dos elementos finitos, é uma forma de resolução muito importante para aplicações no âmbito da mecânica estrutural e para a obtenção de resultados credíveis. Este método permite realizar os mais diversos cálculos requeridos, com os mais diversos parâmetros. Permitindo aperfeiçoar os resultados obtidos efetuando várias simulações.

Em engenharia e projeto de estruturas, a tensão de cedência é uma propriedade de elevada importância, já que representa a tensão a partir da qual a deformação plástica do metal ou liga metálica passa a ser significativa [52].

O alumínio tem cerca de um terço da densidade e da rigidez do aço. É também facilmente maquinado, moldado, esticado e extruído para diversas aplicações industriais [52].

Como se pode observar pela Figura 5.6, a tensão máxima resultante é de $154MPa$, tendo em conta a influência do fator (γ_D) e também tendo em conta o facto de que o *Alumínio* possui uma tensão cedência entre os $200 - 600MPa$ [52], garantindo-se assim a resistência da estrutura perante as cargas aplicadas.

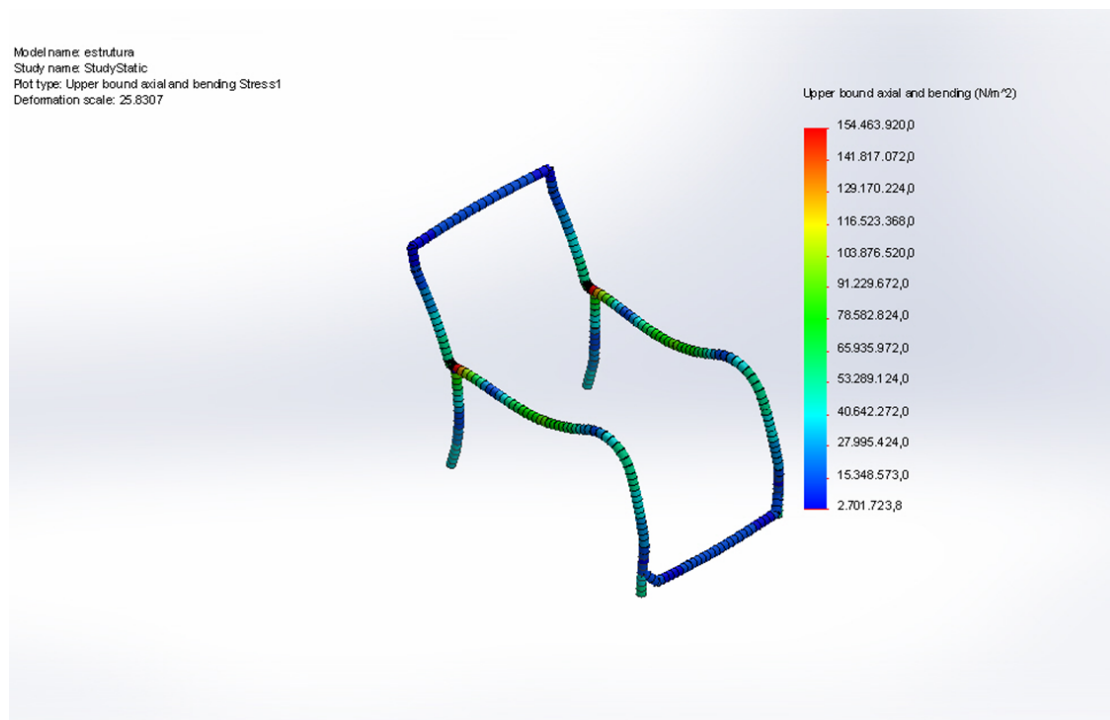


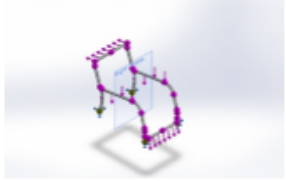
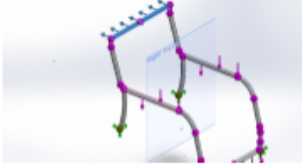
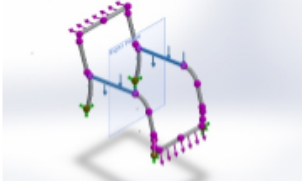
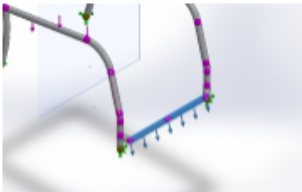
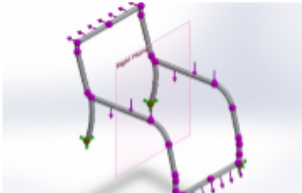
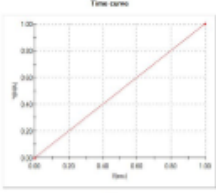
Figura 5.6: Simulação Estática (Tensão).

Com estes dados podemos redesenhar, se necessário, a junção dos tubos onde se concentram as tensões máximas, de forma a diminuir a tensão nesses pontos críticos e desta forma aumentar a segurança do projeto de elementos estruturais ou mecânicos, restringindo a tensão do material a um nível seguro.

Dinâmica

Para a simulação dinâmica utilizaram-se as mesmas forças que na simulação anterior, adicionando apenas uma aceleração no plano paralelo ao apoio das costas, como se pode observar na Tabela 5.2.

Tabela 5.2: Estrutura dinâmica – *Solidworks®* Report.

Fixture name	Fixture Image	Fixture Details	
Fixed-2		Entities: 4 Joint(s) Type: Fixed Geometry	
Load name	Load Image	Load Details	Function Curve
Force-2		Entities: 2 Beam (s) Type: Apply force Values: ---, ---, 140 N Moments: ---, ---, --- N-m	
Force-1		Entities: 2 Beam (s) Type: Apply force Values: ---, ---, 1700 N Moments: ---, ---, --- N-m	
Force-3		Entities: 2 Beam (s) Type: Apply force Values: ---, ---, -180 N Moments: ---, ---, --- N-m	
Base Excitation-1		Reference: Right Plane Type: Acceleration Translation: ---, ---, 0.5 Units: mm, rad Phase Angle: 0 Units: deg	 Time curve

Esta simulação pretende exemplificar o que aconteceria caso a estrutura (cadeira), estivesse imobilizada e alguma pessoa ocasionalmente derruba-se, ou choca-se contra mesma.

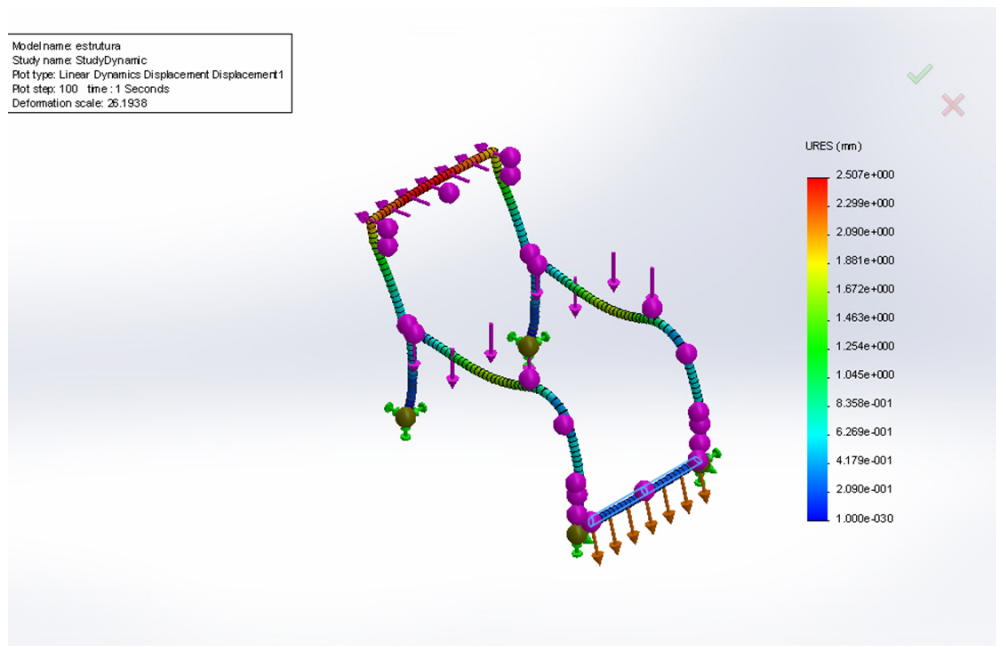


Figura 5.7: Simulação Dinâmica (Deslocamento).

Os resultados da simulação dinâmica, como era de se esperar, apresentaram uma diminuição do deslocamento para 2.507mm no plano de aplicação (Figura 5.7) e uma diminuição da tensão máxima, quando comparada com a simulação anterior, para 115MPa (Figura 5.8). Isto deve-se ao contributo da aceleração impulsora, que contraria a força que a pessoa aplica ao encostar-se no apoio das costas.

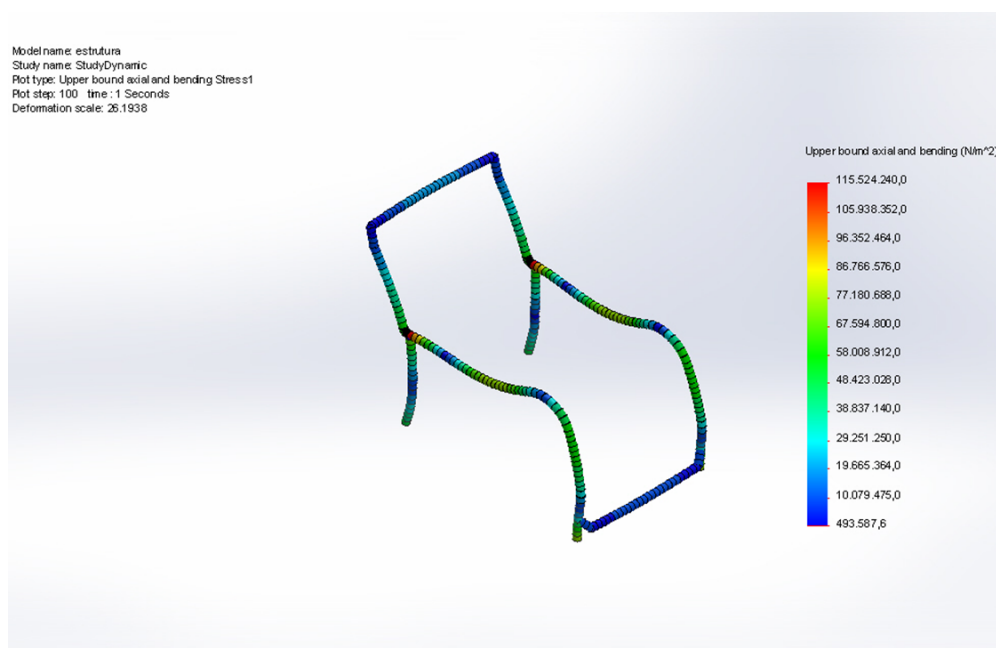


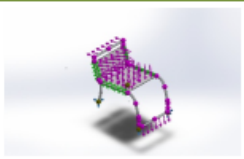
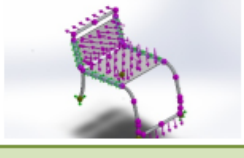
Figura 5.8: Simulação Dinâmica (Tensão).

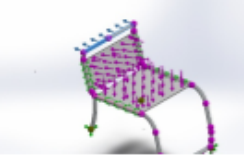
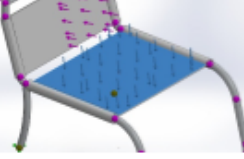
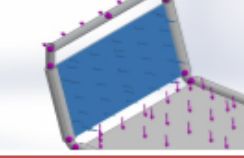
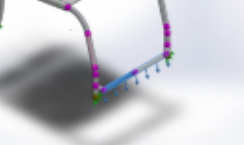
5.1.2 Simulação (Estrutura + Assento + A.Costas)

Estática

Na simulação estática do ato de um utilizador se sentar bruscamente, onde o utente se deixa cair de uma pequena altura. As fixações da estrutura e as forças aplicadas são as mesmas das simulações anteriores (Tabela 5.3), apenas com a adição do assento e dos apoio de costas do tipo encaixe rápido em *PVCrigido*. Componentes estes, aos quais posteriormente é adicionado espuma e/ou outro material de modo a proporcionar maior conforto ao utilizador.

Tabela 5.3: Estrutura estática – *Solidworks®* Report.

Fixture name	Fixture Image	Fixture Details		
Fixed-1		Type: Fixed Geometry		
Fixed Hinge-1		Entities: 4 face(s) Type: Fixed Hinge		
Resultant Forces				
Components	X	Y	Z	Resultant
Reaction force(N)	-187.347	1705.44	-0.0015583	1715.7
Reaction Moment(N-m)	0	0	0	1e-033

Load name	Load Image	Load Details
Force-5		Entities: 2 Beam (s) Type: Apply force Values: ---, ---, 60 N Moments: ---, ---, --- N-m
Force-1		Entities: 1 face(s) Type: Apply normal force Value: 1700 N
Force-2		Entities: 1 face(s) Type: Apply normal force Value: 80 N
Force-4		Entities: 2 Beam (s) Type: Apply force Values: ---, ---, -180 N Moments: ---, ---, --- N-m

Como se pode observar na Figura 5.9, ocorre uma maior deslocação na zona central da base do assento, cujo valor é de $62.49mm$. Este resultado é aceitável, dada a flexibilidade do material utilizado para a simulação e a forma distribuída da aplicação das forças. No entanto, estes deslocamentos poderiam ser diminuídos aumentando a espessura dos apoios ou alterando o material, seleccionando o mesmo dependendo do peso do utilizador.

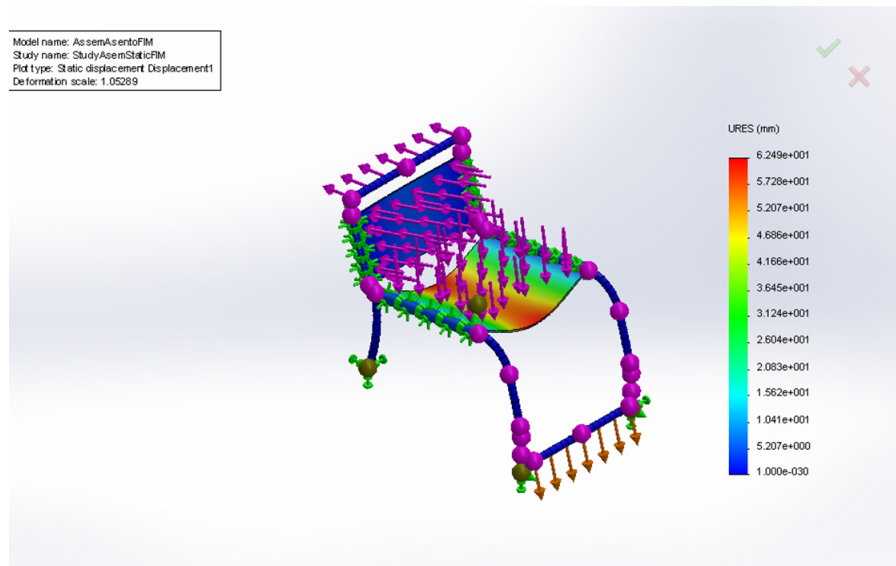


Figura 5.9: Simulação Estática com Assento (Deslocamento).

A partir da análise da Figura 5.10, é possível verificar que a tensão máxima continua a ser exercida na estrutura. No entanto, não podemos esquecer que todos os componente merecem atenção e deste modo deve-se analisar as deslocações e as tensões dos mesmos, de forma a garantir a estabilidade e resistência do produto final.

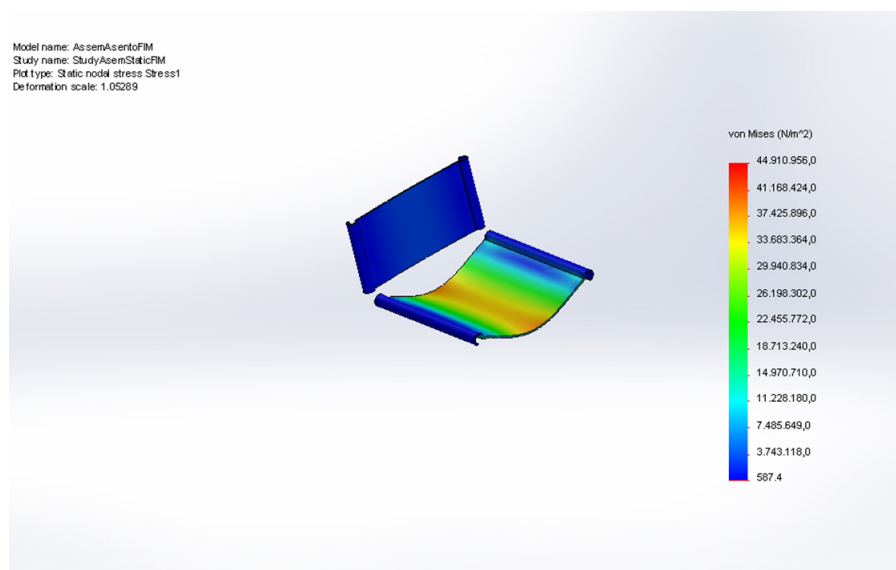


Figura 5.10: Simulação Estática com Assento (Tensão).

Dinâmica

Inclusão de fatores dinâmicos para o cálculo estático equivalente: aceleração e travagem.

Enquanto a aceleração numa cadeira de rodas motorizada é relativamente modesta, a travagem (de emergência) já tem valor considerável. Esta marcha depende do atrito das rodas com o piso, uma vez que a travagem de emergência implicará o bloqueio das rodas.

Assim, com pneus em bom estado, pode esperar-se um fator de atrito (μ) com um valor aproximado de 0.35. Através deste valor e do valor sobrestimado do peso da cadeira (cadeira + utente) é possível o cálculo do tempo de travagem. Este cálculo está apresentado nas *equações 5.2, 5.3, 5.4 e 5.5*, o valor de massa usado é de *120kg*.

$$\begin{aligned} P_{total} &= m \times g_{a.gravitica} \\ P_{total} &= 120kg \times 9.81m/s^2 \\ P_{total} &\approx 1200N \end{aligned} \tag{5.2}$$

$$\begin{aligned} F_a &= \mu \times P_{total} \\ F_a &= 0.35 \times 1200N \\ F_a &= 420N \end{aligned} \tag{5.3}$$

A aceleração, é obtida pela *2ª lei de Newton*:

$$F = m \times a \tag{5.4}$$

donde,

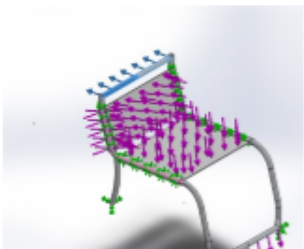
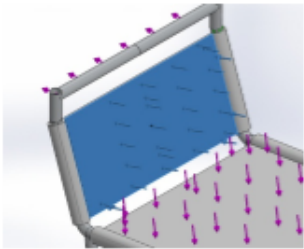
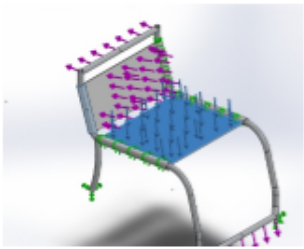
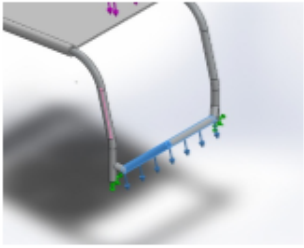

$$\begin{aligned} a &= \frac{F}{m} \\ a &= \frac{420N}{120Kg} \\ a &= 3.5m/s^2 \end{aligned}$$

Admitindo uma velocidade $V_m = 0.5m/s$, o tempo de imobilização é aproximadamente,

$$\begin{aligned} \Delta t &= \frac{V_m}{a} \\ \Delta t &= \frac{0.5m/s}{3.5m/s^2} \\ \Delta t &= 0.143s \end{aligned} \tag{5.5}$$

Numa análise dinâmica, é possível verificar o comportamento dos componentes utilizados quando assemblados na estrutura. Permitindo assim analisar os mesmos e desta forma decidir, se esta será a melhor solução de aplicação para a obtenção do produto final, tendo em conta o efeito da travagem brusca (condições bastante severas e conservadoras). Na Tabela 5.4 é possível verificar modo de solicitação aqui descrito.

Tabela 5.4: Estrutura dinâmica – *Solidworks®* Report.

Load name	Load Image	Load Details
Force-6		Entities: 2 Beam (s) Type: Apply force Values: ---, ---, 60 N Moments: ---, ---, --- N-m
Force-5		Entities: 1 face(s) Type: Apply normal force Value: 80 N
Force-1		Entities: 2 face(s) Type: Apply normal force Value: 1700 N
Force-4		Entities: 2 Beam (s) Type: Apply force Values: ---, ---, -180 N Moments: ---, ---, --- N-m
Base Excitation-3		Reference: Right Plane Type: Acceleration Translation: ---, ---, 0.5 Units: mm, rad Phase Angle: 0 Units: deg

Os maiores deslocamentos, como podemos observar na Figura 5.11, ocorrem no apoio das costas. Considera-se que esta situação não representa nenhuma chamada de atenção na aplicação dos componentes, devido a apresentar um valor tão baixo ($0.07mm$).

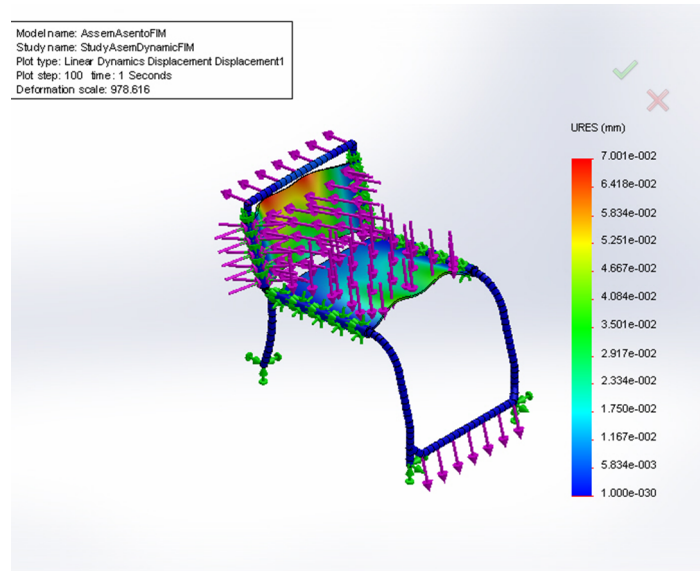


Figura 5.11: Simulação Dinâmica com Assento (Deslocamento).

Em relação as tensões, o encosto é o componente que mais é afetado pelas forças aplicadas como pode-se observar na Figura 5.12. No entanto, o *PVC rígido* é um material muito utilizado em aparelhos ortopédicos, a sua tensão de ruptura á flexão é acima dos $10000psi$ [53], garantindo assim a resistência do componente nesta situação.

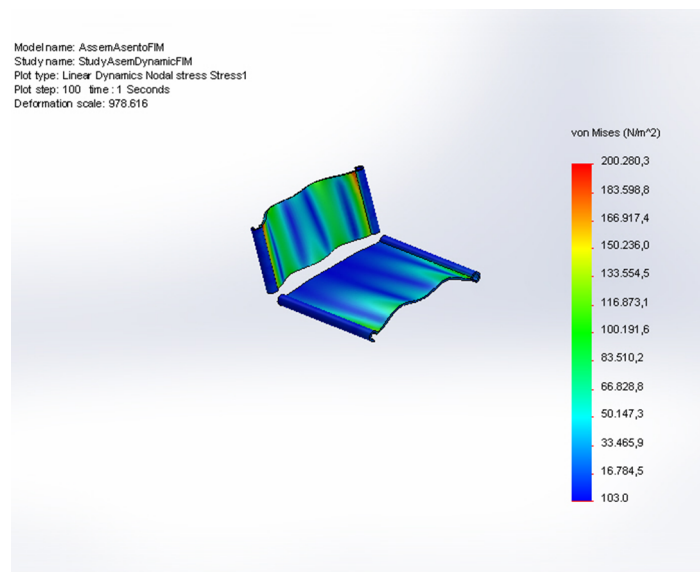


Figura 5.12: Simulação Dinâmica com Assento (Tensão).

Para o calculo da potência máxima requerida, no caso de uso da cadeira dentro de habitações e considerando a *Norma NP EN1789* [28]. Sendo assim, capaz de ultrapassar rampas com inclinações máximas de 8° e com $5m$ de comprimento.

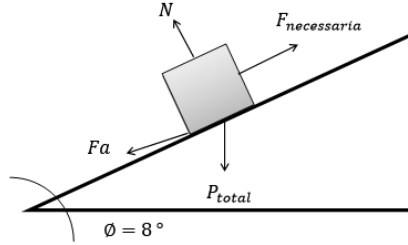


Figura 5.13: Diagrama de corpo livre com inclinação.

Realizando o calculo das equações de equilíbrio no plano inclinado obtida pela 1ª lei de *Newton* e considerando os valores estimados anteriormente para as equações 5.2, 5.3, 5.4 e 5.5, tem-se que:

$$\sum_{i=0}^n F = 0 \quad (5.6)$$

$$\begin{cases} x : F_{necessaria} - F_a - P_{total} \times \sin \phi = 0 \\ y : N - P_{total} \times \cos \theta = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} x : F_{necessaria} = 420 + 1200 \times \sin(8) = 587N \\ y : N = 1200 \times \cos(8) = 1188N \end{cases}$$

- A potência em função da força constante aplicada

$$W_{trabalho} = F_{necessaria} \times \Delta_{deslocamento} \quad (5.7)$$

$$P_{potencia} = \frac{W_{trabalho}}{\Delta_{tempo}} \quad (5.8)$$

desta forma,

$$P_{potencia} = F_{necessaria} \times V_m$$

$$P_{potencia} = 587 \times 0.5 = 293.5W$$

dividindo a potência necessária por 2, visto que disponibiliza um motor para cada roda,

$$P_{potencia} = 146.75W$$

- A potência em função do consumo da energia

$$P_{potencia} = \frac{\Delta E}{\Delta_{tempo}} \quad (5.9)$$

logo, a energia consumida por um equipamento num determinado tempo, é o produto da potência do aparelho pelo tempo em que ele funciona.

5.2 Documentação Técnica

Lista de Componentes

Ver *Anexo 9*, pagina 132.

Desenho Definição

Ver *Anexo 9*, pagina 132.

Desenho de Conjunto

Ver *Anexo 9*, pagina 132.

Perspetiva Explodida

Ver *Anexo 9*, pagina 132.

Capítulo 6

Proposta

A proposta conceptual, apresentada na Figura 6.1, foi modelada utilizando o software *Solidworks®*. Este modelo representativo tem como objetivo transmitir o conceito de funcionamento, estrutura base, adaptação dos componentes e dimensões antropométricas aproximadas. Na elaboração deste modelo foram consideradas as restrições dimensionais inerentes às dimensões ergonómicas e antropométricas, para o uso de uma cadeira de rodas dentro de habitações. Para tal, utilizou-se um modelo CAD de uma cadeira manual, de modo a garantir e comparar, as dimensões necessárias.



Figura 6.1: Produto Final.

Esta proposta, contempla o desenvolvimento do um dispositivo (incluindo alguns acessórios), havendo a possibilidade de adaptação de outros componentes (e/ou acessórios). Fazendo uma análise crítica ao modo de funcionamento deste modelo, verificaram-se alguns inconvenientes.

O fato de ser motorizada, causa maior peso no produto devido à sua implementação, al igual que o peso das baterias (Figura 6.2). Uma outra questão por consequente, que deveria ser bem analisada, é o estudo do centro de massa do modelo, não comprometendo a estabilidade e o equilíbrio do conjunto (cadeira + utilizador), produzindo assim melhores resultados.

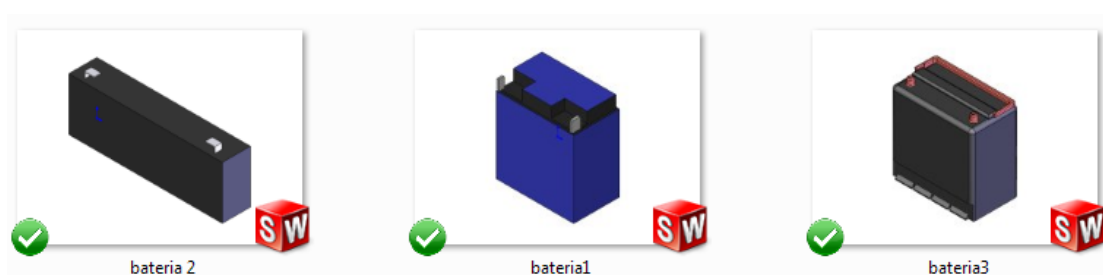


Figura 6.2: Diversidade de escolhas de baterias, afetando o aspeto e o peso final.

A utilização deste conceito teve como objetivo desenvolver uma abordagem diferente ao modo como são vistas as cadeiras para ajudar a locomoção, permitindo que esta seja utilizada sem causar desconforto tanto físico como psicológico, no uso dentro de habitações. De notar que muitas das peças utilizadas representam produtos comerciais, semelhantes ou iguais aos atualmente disponibilizados no mercado, sendo muitas delas normalizadas (Figura 6.3).



Figura 6.3: Componentes normalizados.

Tais como, as rodas, motores, baterias e alguns acessórios para o conforto dos diferentes apoios, deste modo não se dará especial importância a estes elementos que se integram, tratando com mais pormenor aquelas que foram desenvolvidas especificamente para este projeto.

A acoplagem das rodas na cadeira será efetuada através da alteração dos elementos modelados para o efeito após a prescrição médica das necessidades e das medidas antropométricas do cliente. Este elemento como podemos observar na Figura 6.4, acopla a roda e posteriormente a estrutura da cadeira.



Figura 6.4: Componentes para acoplagem.

O acionamento será feito através de um joystick, ligado tanto às baterias como aos motores. Por sua vez, este também permite controlar a direção, através de rotação segundo o eixo deste componente, da mesma forma a travagem é acionada através do manípulo. O re-carregamento da bateria será através de uma entrada de ligação frontal do comando e possui um botão de emergência para o efeito como podemos observar na Figura 6.5.

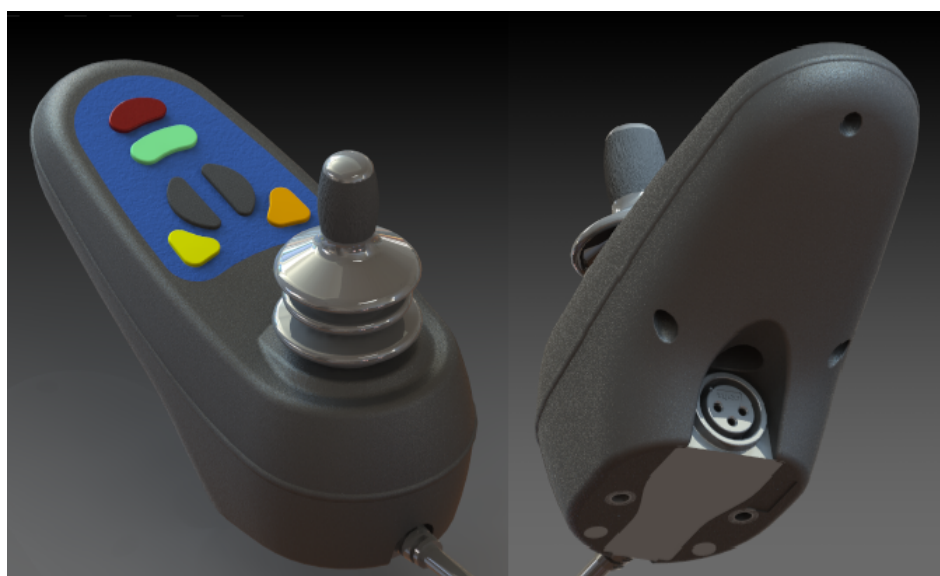


Figura 6.5: Comando – *Joystick*.

A espessura da base do assento e do apoio das costas, seria produzida com uma espessura de acordo com o peso do utilizador num material polimérico (por ex., uma chapa de 5mm em *PVC rígido* como utilizado na simulações, este material possui propriedades mecânicas apropriadas para este contexto, no entanto estes poderiam ser em *PP* ou *PE*).

A estas bases ser-lhes-à adicionado posteriormente, um assento em espuma e/ou gel que influenciara o preço final, más evitara desconfortos e o posterior aparecimento de outros problemas provenientes do uso por longos períodos de tempo deste produto, como podemos observar na Figura 6.6.

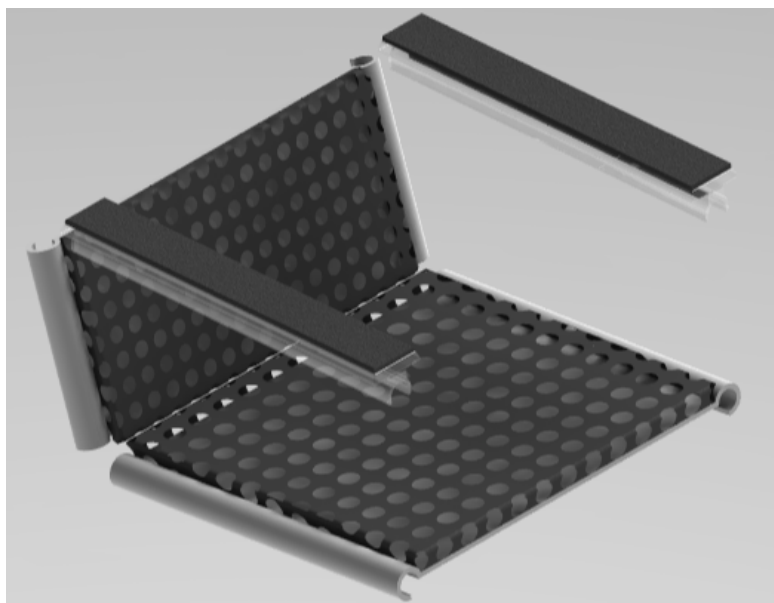


Figura 6.6: Componentes para o conforto.

Um design com sucesso económico pode ser assegurado através de uma boa qualidade do produto ao menor custo de produção.

Quando se escolhe um conceito, o custo do produto é na maioria das vezes um critério decisivo, apesar deste ser altamente subjetivo e aproximado nesta fase de projeto, pois poderão ocorrer alterações conceptuais que façam variar esse mesmo custo de forma significativa. Por exemplo, pode ocorrer que a redução de peso de um componente aumente o custo final de forma significativa. Por norma, as cadeiras convencionais são compostas pela combinação de vários materiais. Tanto estes materiais, como os do processo de produção podem variar de produtor para produtor.

Para o caso da cadeira como produto, os principais materiais selecionados e simulados foram o *alumínio* e o *PVC rígido*, tomando em conta as suas características mecânicas, maquinabilidade, etc; não esquecendo a filosofia da reciclagem, a que estas mesmas estão sujeitas em caso de defeito a nível de produção.

Tendo o propósito de diminuir o custo de produção e aumentar a competitividade para com a concorrência, o processo de fabrico e montagem deverá envolver o mínimo maquinaria, materiais e o menor número de passos possível (Figura 6.7). Tentando assim diminuir/eliminar processos desnecessários, presentes nas produções convencionais, diminuindo os custos de produção.



Figura 6.7: Diversidade de matérias

Procura-se diminuir o numero de parafusos envolvidos, interligando os componentes recorrendo a encaixes rápidos e pinos, facilitando assim a montagem e desmontagem dos mesmos na estrutura da cadeira (Figura 6.8).

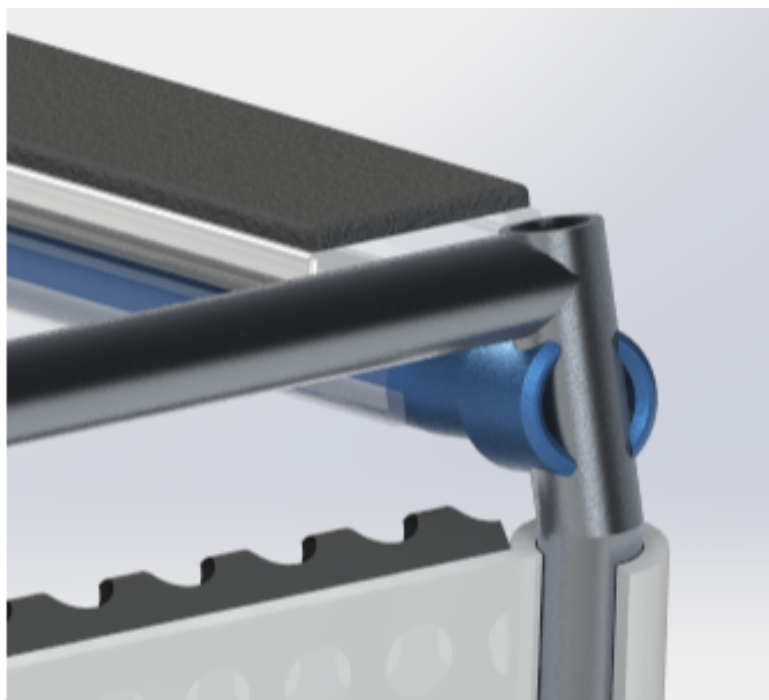


Figura 6.8: Encaixes rápidos

Informação Técnica

- Estrutura monobloco, construída em liga alumínio, tubos $\emptyset 21.3 \times 2.3$;
- Apoio de braço removível;
- Apoio de pés tipo plataforma removível;
- Rodas dianteiras de 6" infláveis, com garfo de alumínio;
- Rodas traseiras de 10" infláveis, com garfo de alumínio;
- Manípulos individuais para condução de terceiros;
- Mesa de atividades;
- Sistema modular de assento e encosto, em espuma de alta densidade e profundidade;
- Pintura epóxi;
- Rolamentos blindados nas quatro rodas;
- Sistema de comando por Joystick;
- 2 baterias (12V);
- 2 motores de corrente continua (24V);

Capítulo 7

Conclusão

Este projeto permitiu identificar desde o início, as dificuldades a serem enfrentadas para trabalhar neste tipo de produtos (cadeira de rodas). É um produto de difícil intervenção, perante a quantidade de fatores envolvidos e a realidade social das pessoas com menor mobilidade. As consultas bibliográficas, situações diárias sobre acessibilidade e a posterior análise de casos de estudo, verifica o incumprimento de varias necessidades, originando situações de desconforto e desagrado em relação a muitos produtos existentes no mercado. Permitindo desta forma, fazer uma analise cuidada das características necessárias do produto final e garantindo que a solução gerada, se enquadra na expectativa dos potenciais utilizadores e na sua utilização dentro de habitações.

Com base na analise, geraram-se alguns modelos conceptuais e algumas ideias na qual se pretendia que cumprissem estes requisitos e descartando outras ideias que se entendeu serem menos viáveis, confrontando com as soluções alternativas. Nesta fase de projeto o objetivo é elaborar uma proposta sustentável de implementação do conceito escolhido, que permita o desenvolvimento de um modelo apropriado e que se apresente como uma solução viável de ponto de vista funcional. O aspecto estético foi igualmente importante, pelo que a solução mereceu uma atenção especial neste ponto, procurando conciliar a funcionalidade, a ergonomia, a antropometria e o formalismo final, evitando desta forma a sensação de invalidez do utilizador.

O modelo desenvolvido, apresenta um design que melhora o agrado de potenciais clientes sénior e não só, oferecendo assim, um produto que promove a igualdade, a acessibilidade e que permite a circulação eficiente dentro de habitações. Devido as suas dimensões, adaptáveis às necessidades de cada utilizador e ergonómicas diferenciando-se assim de outras cadeiras existentes. A cadeira proposta apresenta ainda uma grande vantagem em termos de contextos de utilização, podendo ser adaptada e usada em diversas situações, para efeitos de transporte (dentro e fora de habitações) ou lazer, ao contrário de algumas das soluções atuais direcionadas para situações específicas, causando desagrado por parte publico.

De notar que várias propostas contempladas na Análise Morfológica e na QFD poderão ser desenvolvidas e posteriormente recuperadas em outra fase de projeto, após as correções das funções e dos comportamentos mecânicos do produto como um todo, e após a correção do documento técnico para a fabricação final.

A metodologia utilizada procura melhorar fatores, tais como: a segurança, o conforto, a durabilidade e o aspeto estético do produto final. Não esquecendo a qualidade dos componentes, as dimensões (este fator deve-se ser cuidadosamente estudado de utilizador para utilizador), os materiais aplicados (procurando diminuir o peso e garantindo a vida útil do produto) e seleção da motorização (dependendo das necessidades e da potência total necessária).

Os motores iram afetar o aspeto estético formal e por sua vez limitar a sua utilização (por exemplo, grandes motores em situações de higienização, não permitem “a acoplagem” superior em sanitas). Motores mal dimensionados, aumentariam o risco de falha e posteriores acidentes. As baterias por sua vez, são componentes difíceis de alterar visto que a os motores disponíveis para este tipo de produtos trabalham com 24V e tem um consumo considerado, que depende da potência, restringindo assim o uso de outras existências no mercado de baterias de 12V(mais leves, menor volumetria, menor amperagem, etc).

Definir um projeto, restrito por fatores (ergonomia, funcionalidade, custo, estética, manutenção, materiais e fabricação), exige mais do que capacidade técnica, envolve uma boa dose de criatividade para projetar.

No entanto, realizar ao máximo as definições de projeto conceitual, minimizando os custos e sem perder qualidade, tem sido o desafio de grande número de projetos a nível industrial. Encontrando-se uma lacuna, ou seja, uma parte do mercado que ainda não foi conquistado pelas empresas de produtos industriais destinados a portadores de menor mobilidade física.

Trabalhos Futuros

Propõem-se como trabalho futuro, comparar os resultados obtidos com outro sistema de tecnologia CAD (*Catia ou Abaqus*), com o objetivo de validar os dados recolhidos e aumentar o uso deste género de tecnologia na criação e solução de produtos.

Procurar e analisar outros recursos de motorização existentes, procurando diminuir o peso final do produto, melhorando o aspeto estético e satisfazendo as necessidades da sua utilização (ex: potência). Alguns destes *kits*, podem ser observados no *Anexo 6*.

Considera-se também fundamental a elaboração de um protótipo funcional, de modo a garantir a adequação do projeto. Produzir testes e recolher opiniões de potenciais clientes permitindo assim melhorar o modelo atual de modo a realizar a sua correção.

Fazer um estudo mais aprofundado sobre os processos de fabrico e montagem do dispositivo, produzindo assim, uma proposta mais elaborada em termos de adaptabilidade de componentes, nomeadamente ao nível do funcionamento detalhado e dando possibilidade de adaptação a outros componentes.

Bibliografia

- [1] Rani Lueder. *Ergonomics of seated movement*. Humanics ErgoSystems, Inc. **1:33**, June 2004.
- [2] Mitch Batavia. *The wheelchair evaluation: a practical guide*. Butterworth-Heinemann, 1st edition, 360, 2008.
- [3] Brasileiro. Tecnologia Assistiva. *Cadeira de Rodas e a sua Evolução Histórica*, 2013. (<http://www.crfaster.com.br/Cadeira> – 2013.07.19).
- [4] David Werner. *Nothing About Us Without Us: Developing Innovative Technologies for, by and with Disabled Persons*. Health Wrights, 1998.
- [5] Barry S. Mason, Lucas H.V. van der Woude and Victoria L. Goosy. *The Ergonomics of Wheelchair Configuration for Optimal Performance in the Wheelchair Court Sports*. Springer International Publishing AG, Sports Medicine, *Topics Medicine* 2013.
- [6] Ione Bertoncello e Luiz Vidal Negreiros Gomes. *Análise diacrônica e sincrônica da cadeira de rodas mecanomaneuvrável*. SciELO, Volume 12, 1:11, 2002.
- [7] Ivan Ricardo Rodrigues Carriel e Luis Carlos Paschoarelli. *Design e Ergonomia – Aspectos Tecnológicos*. Cultura Acadêmica, UNESP, 33:54, 2009.
- [8] Francisco Cristo Cerqueira Vilarinho Costa. *Desenvolvimento de uma Bicicleta Adaptada para Paraplégicos*. Dissertação de Mestrado, PhD thesis, Universidade de Aveiro – Departamento de Engenharia Mecânica, 2011.
- [9] Rory A. Cooper. *Wheelchair Selection and Configuration*. Demos Medical Publishing, Demos, 1998.
- [10] Erika Teixeira, Françoise Nicole Sauron, Lina Silva Borges Santos e Maria Cristina de Oliveira. *Terapia Ocupacional na Reabilitação Física*. AACD Editors, ROCA, 592, 2002.
- [11] Português. Tecnologia Assistiva. *Ergonomia: Características da boa cadeira*, 2013. (<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=40&Cod=763> 2013.07.19).
- [12] *Aspectos Biomecânicos e Funcionais na Prescrição de Cadeira de Rodas*. Booklet Publishing, 2013.

-
- [13] António Completo e Fernando Fonseca. *Fundamentos de Biomecânica Músculo – Esquelética e ortopédica*. Publindústria, Edições Técnicas, 2011.
- [14] *Clinical Considerations for Effective SelfPropulsion*. Booklet Jenni Dabelstein, 2013.
- [15] Randall L. Braddom. *Physical Medicine and Rehabilitation*. Saunders, EL SEVIER Saunders, 4th Edition, December 2013.
- [16] Joseph D. Bronzino. *The biomedical engineering handbook*. CRC Press, IEEE Press & Spriger, Volume 2, 186, 2000.
- [17] Albert M. Cook and Janice Miller Polgar. *Essentials of Assistive Technologies*. Saunders, EL SEVIER Saunders, Volume 1, 2012.
- [18] Michael Boninger, Aaron Souza, Rory Cooper and Shirley Fitzgerald. *Propulsion Patterns and Pushrim Biomechanics in Manual Wheelchair Propulsion*. American Congress of Rehabilitation Medicine and the American Academy of Physical Medicine and Rehabilitation, 2002.
- [19] Márcia Greguol Gorgatti e Maria Tereza Silveira Bohme. *Autenticidade científica de um teste de agilidade para indivíduos em cadeiras de rodas*. Revista Educação Física, São Paulo, Volume 17, 41:50, 2003.
- [20] Ana Cristina Mancussi Faro. *Fatores de risco para úlcera de pressão: subsídios para a prevenção*. bvs, Portal de Revistas Científicas em ciências da Saúde, Volume 33, 83, 1999.
- [21] Orit Shechtman, Carolyn S. Hanson, Donna Garrett and Pam Dunn. *Comparing Wheelchair Cushions for Effectiveness of Pressure Relief: A Pilot Study*. The Occupational Therapy Journal of Research, Volume 21, 15, 2001.
- [22] Patrick W. Corrigan, Kim T. Mueser, Gary R. Bond, Robert E. Drake and Phyllis Solomon. *Principles and Practice of Psychiatric Rehabilitation*. GP, 2008.
- [23] Akao Y. and Mazur G. *The lealead edge in QFD: past, present and future*. Journal of Quality & Reliability Management, Volume 20, 35, 2003.
- [24] António Completo. *Projeto e Engenharia do Produto*. Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Aveiro, 2012.
- [25] António Ramos e Carlos Relvas. *Engenharia e Desenvolvimento de Produto*. Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Aveiro, 2010.
- [26] *Diretrizes do Desenho Universal na Habitação de Interesse Social*. SÃO PAULO, 1998.
- [27] *NBR 9050 - Acessibilidade de pessoas portadoras de deficiência a edificações, espaços, mobiliário e equipamento urbano*. ABNT, Rio de Janeiro, 2004.
- [28] *Veículos e Equipamentos Médico*. APONS, Instituto Portugues da Qualidade, 2002.

- [29] Micheline Marcos, Lucia Okimoto and Sergio Scheer. *Avaliação e Análise de Acessibilidade de um Deficiente Físico Motor, Através do Software CATIA, em Habitações de Interesse Social*. UFPR- Centro Politécnico, 2013.
- [30] E. Grandjean. *Ergonomics of the Home*. John Wiley & Sons Incorporated, *Bowker*, 344, 1973.
- [31] Linda Valent. *The effects of hand cycling on physical capacity in persons with spinal cord injury*. Faculty of Human Movement Sciences, PhD thesis, VU University, Amsterdam, The Netherlands, 2009.
- [32] Jusselma Coutinho Barros e Dayana Priscilda Maia. *Análise ergonômica do projeto da cadeira Sorriso*. Faculdade Ávila, 2013.
- [33] Amaury Paulo de Souza, Patrícia Bhering Fialho, Luciano José Minette e José de Castro Silva. *Avaliação Ergonômica de Cadeira de Madeira e Derivados*. Viçosa-MG, Viçosa, Brasil, 2009.
- [34] English. Wheelchair. *Wheelchair Accessories*, 2013.
(<http://www.wheelchairparts.com/store/pc/Wheelchair-Accessories-c11.htm> 2013.10.01).
- [35] Priscila de Brito Silva e Mauro Gonçalves. *Susportes de Pé e tornozelo: efeitos na biomecânica e na prevenção de lesões desportivas*, Motriz, Rio Claro Volume 13, 312:323, 2007.
- [36] English. Wheelchair. *Footrest Cam Lock*, 2013.
(<http://www.wheelchairparts.com/store/pc/Footrest-Cam-Lock-Standard-1-4-Pin-Hole-3-Spacing-c419.htm> 2013.09.18).
- [37] English. Wheelchair. *Armrest Assembly Parts*, 2013.
(<http://www.wheelchairparts.com/store/pc/Armrest-Assembly-Parts-c3.htm> 2013.09.18).
- [38] English. Wheelchair. *Back Upholstery for Wheelchairs*, 2013.
(<http://www.wheelchairparts.com/store/pc/Back-Upholstery-for-Wheelchairs-c502.htm> 2013.09.18).
- [39] English. Wheelchair. *Seat Upholstery for Wheelchairs*, 2013.
(<http://www.wheelchairparts.com/store/pc/Seat-Upholstery-for-Wheelchairs-c500.htm> 2013.09.18).
- [40] English. Wheelchair. *Pneumatic Tires*, 2013.
(<http://www.wheelchairparts.com/store/pc/12-Pneumatic-Tires-c487.htm> 2013.09.18).
- [41] English. Wheelchair. *Rodas e Rodízios*, 2013.
(<http://www.mecanarte.pt/> 2013.09.18).
- [42] English. Wheelchair. *Poly Foam Filled Tires*, 2013.
(<http://www.wheelchairparts.com/store/pc/Poly-Foam-Filled-Tires-c60.htm> 2013.09.18).

-
- [43] English. Wheelchair. *Power Wheelchair Gearmotor*, TelcoMotion, 2013.
(<http://www.telcointercon.com/Power-Wheelchair-Drive-Gearmotor-id89.html> 2013.10.01).
- [44] Eliana Chaves Ferretti. *Assessing the Influence of Wheelchair on Individuals with Spinal Cord Injury Using a Measure of Participation*. PhD thesis, Universidade de Pittsburgh, 27, 2007.
- [45] Gabriel Pires and Urbano Nunes. *A Wheelchair Steered through Voice Commands and Assisted by a Reactive Fuzzy – Logic Controller*. Journal of Intelligent and Robotic Systems, Universidade de Coimbra Volume 34, 301:314, 2002.
- [46] Manuel Mazo, Francisco Rodriguez, Jesus Ureña and Enrique Santos. *Wheelchair for Physically Disabled People with Voice, Ultrasonic and Infrared Sensor Control*. Autonomous Robots, Volume 2, 203:224, 1995.
- [47] English. Everest & Jennings. *12V / 33-35Ah Sealed Lead Acid Battery with NB Terminal - UVD5722 For Everest & Jennings Excalibur*, 2013.
(<http://www.batteries.com/wheelchair-mobility/> 2013.09.18).
- [48] English. Accessories. *Accessories for Wheelchair*, 2013.
(<http://www.1800wheelchair.com/category/296/wheelchair-accessories> 2013.09.20).
- [49] Português. Acessorios. *Accessories for Wheelchair*, 2013.
(www.quirumed.com/pt/Catalogo/ver/1918/Acessórios 2013.09.29).
- [50] Barrie Bennet and Carol Rolhiser. *The Artful Science of Instructional Integration*. Beyond Monet, Bookation Inc. 2001.
- [51] F.Teixeira Dias, J.Pinho da Cruz, R.A.Fontes Valente e R.J.Alves da Sousa. *Método dos Elementos Finitos*. ETEP, 2ª Edição, 2007.
- [52] William F. Smith. *Princípios de Ciência e Engenharia dos Materiais*. McGrawHill, Inc., 3ª Edição, 1998.
- [53] Português. Plásticos. *Características dos Polímeros*, 2013.
(<http://www.demec.ufmg.br/Grupos/labprojmec/Plasticos.htm> 2013.09.29).
- [54] English. Wheelchair. *Electric Wheelchair Technology*, 2013.
(<http://www.goldenmotor.com/> 2013.10.29).
- [55] English. Wheelchair. *Battery Technology*, 2013.
(<http://www.1800wheelchair.com/> 2013.10.29).
- [56] English. Wheelchair. *Products Dynamic*, 2013.
(<http://www.dynamiccontrols.com/dealers/products> 2013.10.29).

Apêndice A

Unidades SI

Algumas Grandezas Físicas e Respetivas Unidades

Tabela A.1: Unidades SI

Grandeza	Unidade	Simbolo	Abreviatura	Definição
Área superficial	metro quadrado	A	m^2	m^2
Volume sólido	metro cúbico	V	m^3	m^3
Velocidade	metro por segundo	v	m/s	m/s
Aceleração	metro por segundo quadrado	a	m/s^2	m/s^2
Caudal	metro cúbico por segundo	Q	m^3/seg	m^3/s
Densidade volumétrica	quilograma por metro cúbico	ρ	kg/m^3	kg/m^3
Ângulo plano	radiano	θ	rad	m/m
Frequência	hertz	f	Hz	$1/s$
Força	newton	F	N	$kg.m/s^2$
Pressão	pascal	p	Pa	N/m^2
Energia	joule	E	J	$N.m$
Potência	watt	P	W	J/s
Carga elétrica	coulomb	c	C	$A.s$
Tensão elétrica	volt	V	V	W/A

Tabela A.2: Conversão de Unidades SI

Unidade	Simbolo	Equivalência
libra por polegada quadrada	psi	$\approx 6,894757 \times 10^3 Pa$
polegada	in	$0,0254m$
foot	ft	$0,3048m$

Tabela A.3: Prefixos SI

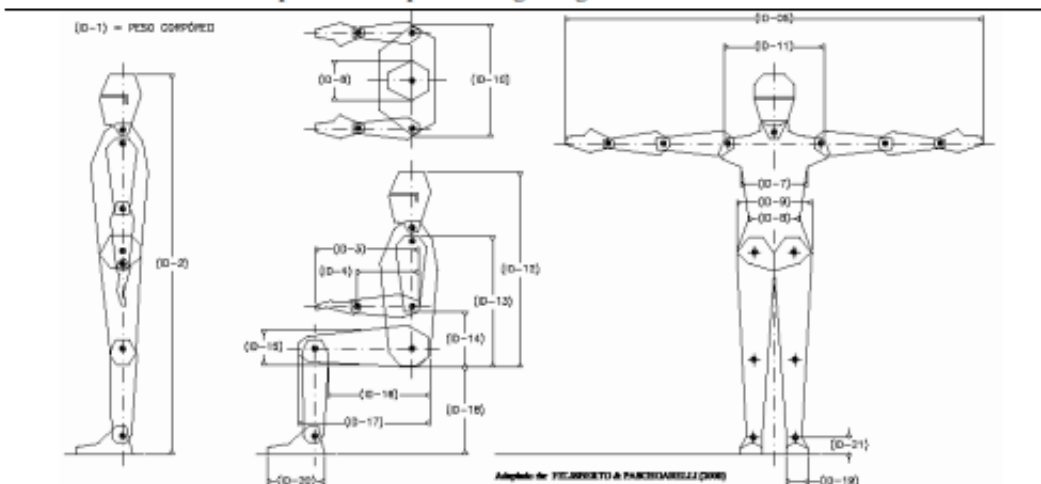
Múltiplo	Prefixo	Simbolo
10^{12}	tera	T
10^9	giga	G
10^6	mega	M
10^3	quilo	k
10^{-3}	mili	m
10^{-6}	micro	μ
10^{-9}	nano	n
10^{-12}	pico	p

Apêndice B

Anexos

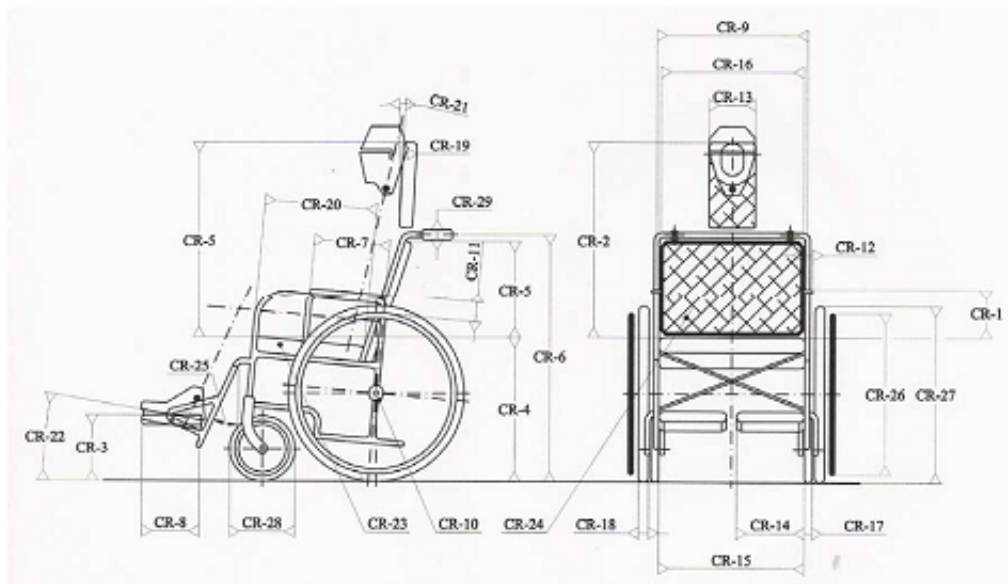
B.1 Anexo 1 – Antropometria

Tabela B.1: Bases Antropométricas para o Design [27].

Bases Antropométricas para Design Ergonômico de Cadeira de Rodas							
							
ID	Variável	Dimensional Antropométrico		Acréscimo de Roupas		Dimensional Corrigido	
		Feminino	Masculino	F	M	de	até
1	Peso Corpóreo (kg)	95,08	107,50	+1,60	+4,50	96,68	112,00
2	Estatura	140,50	180,10	+3	+8	143,50	188,10
3	Cotovelo Mão aberta	33,70	50,80	Nua	+5	33,70	55,80
4	Cotovelo Punho	22,91	30,08	+0,50	+5	23,41	35,08
5	Envergadura	140,10	186,65	Nua	+5	140,10	191,65
6	Circunf. Craniana	52,60	59,00	Nua	+5	52,60	64,00
7	Circunf. Torácica	76,50	108,55	+0,76	+4,30	77,26	112,85
8	Circunf. Abdominal	65,80	114,55	+0,76	+4,30	66,56	118,85
9	Largura do Quadril	45,10	43,00	+0,64	+5	45,74	48,00
10	Largura dos Acrômios	23,00	39,31	+1	+10	24,00	49,31
11	Largura dos Ombros	30,70	51,00	+0,64	+5	31,34	56,00
*12	Assento Cabeça	68,80	94,30	+3	+8	71,80	102,3
*13	Assento Acrômio	47,10	66,70	+3	+8	50,10	74,70
*14	Assento Cotovelo	15,40	29,16	+0,5	+5	15,90	34,16
15	Altura das Coxas	6,80	16,80	+0,76	+2,50	7,56	19,30
16	Sacro Poplítea	37,60	53,01	+1,50	+7,5	39,10	60,51
17	Sacro Joelho	47,50	64,00	+1,50	+7,5	49,00	71,50
*18	Altura Poplítea	33,00	51,80	+2,50	+6	35,50	57,80
19	Largura do Pé	8,00	10,90	+0,80	+2,5	8,80	13,40
20	Comprimento do Pé	20,40	26,38	+1,30	+3,80	21,70	30,20
*21	Altura Calcânea	6,00	9,00	+0,80	+2,50	6,80	11,50

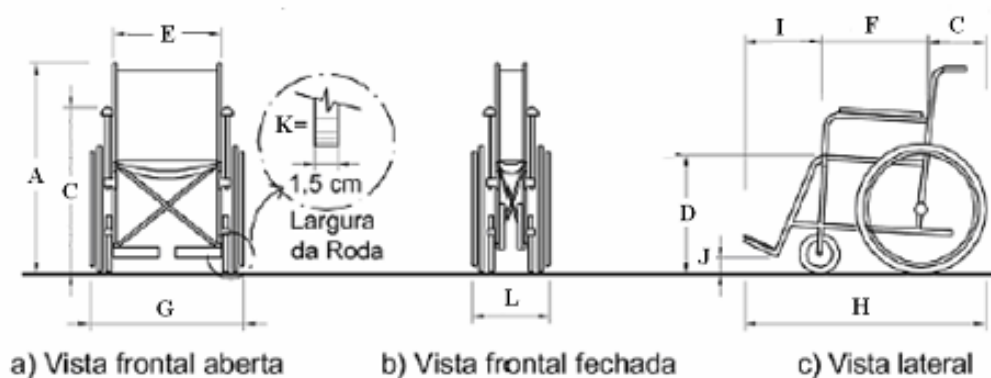
Nota: Dimensões em cm; (*) Considerar salto de sapato de 3 cm para a variável 12, 13, 14, 18 e 21;

Tabela B.2: Padronização das Variáveis Antropométricas da Cadeira [27].



Ref.	Descrição	Ref.	Descrição	Ref.	Descrição
CR-1	Altura do Apóia-braço Assento	CR-11	Distância do Aro Altura do Apóia-braço	CR-21	Inclinação do Apóia-cabeça
CR-2	Altura do Apóia-cabeça	CR-12	Largura do Apóia-braço	CR-22	Inclinação do Apóia-pé
CR-3	Altura do Apóia-pé	CR-13	Largura do Apóia-cabeça	CR-23	Inclinação do Assento
CR-4	Altura do Assento	CR-14	Largura do Apóia-pé	CR-24	Inclinação do Encosto
CR-5	Altura do Encosto Assento	CR-15	Largura do Assento	CR-25	Inclinação do Suporte do Apóia-pé
CR-6	Altura Pega Propulsão	CR-16	Largura do Encosto	CR-26	Diâmetro do Aro de Propulsão
CR-7	Comprimento do Apóia-braço	CR-17	Largura dos Rodízios	CR-27	Diâmetro da Roda
CR-8	Comprimento Apóia-pé	CR-18	Larguras dos Pneus	CR-28	Diâmetro do Rodízio
CR-9	Distância entre os Apoiaadores de braços	CR-19	Profundidade do Apóia-cabeça	CR-29	Diâmetro da Pega Propulsão
CR-10	Oblongo de Ajuste do Eixo	CR-20	Profundidade do Assento	—	—

Tabela B.3: Dimensões Normalizadas NBR-9050:2004 [27].

Dimensionais Normalizados para Cadeira de Rodas – NBR 9050:2004

Dimensão		De	Até
A	Altura dos pegadores	92,5	-
B	Comprimento dos pegadores	-	25,0
C	Altura dos braços	71,0	72,5
D	Altura do assento	49,0	53,0
E	Largura do assento	40,0	46,0
F	Profundidade do assento	42,0	45,0
G	Largura total	60,0	70,0
H	Comprimento total	95,0	11,5
I	Comprimento do apoio para os pés	30,0	40,0
J	Altura do apoio para os pés	0,7	-
K	Largura da roda	1,5	-
L	Largura da cadeira dobrada	33,0	-

Nota: Dimensões convertidas para cm;

B.2 Anexo 2 – Rodas e Rodízios



Figura B.1: Rodas e Rodízios [41].

	<p>253271 RODIZIO 132/PUE/TC-125x50/1</p> <p>RODIZIO GIRATÓRIO, COM TRAVÃO (BLOQUEIO SIMULTÂNEO), SUPORTE REFORÇADO EM AÇO ESTAMPADO COM DUAS PISTAS DE ESFERAS, ZINCADO.</p> <p>RODA EM POLIURETANO VAZADO, NÚCLEO EM ALUMÍNIO COM ROLAMENTO DE ESFERAS. DUREZA: 94 Shore A</p>
	 125 mm  50 mm  138x109 mm  50 mm  160 mm  500 Kg
	<p>273874 RODIZIO 138/PUAET-125 VD</p> <p>RODIZIO GIRATÓRIO, COM TRAVÃO (BLOQUEIO SIMULTÂNEO), SUPORTE EM AÇO ESTAMPADO COM DUAS PISTAS DE ESFERAS, ZINCADO.</p> <p>RODA EM POLIURETANO VAZADO, COR VERDE, NÚCLEO EM ALUMÍNIO COM ROLAMENTO DE ESFERAS. DUREZA: 75 Shore A</p>
	 125 mm  40 mm  140x110 mm  70 mm  170 mm  350 Kg
	<p>195899 RODIZIO 300/BIST-125 C/ FIX LAT DIR</p> <p>RODIZIO GIRATÓRIO, COM TRAVÃO (BLOQUEIO SIMULTÂNEO), SUPORTE EM AÇO ESTAMPADO COM DUAS PISTAS DE ESFERAS, ZINCADO.</p> <p>RODA EM BORRACHA INJECTADA CINZA, NÚCLEO TERMOPLÁSTICO COM CUBO LISO. DUREZA: 85 Shore A</p>
	 125 mm  32 mm  42 mm  156 mm  100 Kg
	<p>195886 RODIZIO 300/BIST-125 F1</p> <p>RODIZIO GIRATÓRIO, COM TRAVÃO (BLOQUEIO SIMULTÂNEO), SUPORTE EM AÇO ESTAMPADO COM DUAS PISTAS DE ESFERAS, ZINCADO.</p> <p>RODA EM BORRACHA INJECTADA CINZA, NÚCLEO TERMOPLÁSTICO COM CUBO LISO. DUREZA: 85 Shore A</p>
	 125 mm  32 mm  12 mm  42 mm  156 mm  100 Kg
	<p>195892 RODIZIO 300/BIST-125 F4</p> <p>RODIZIO GIRATÓRIO, COM TRAVÃO (BLOQUEIO SIMULTÂNEO), SUPORTE EM AÇO ESTAMPADO COM DUAS PISTAS DE ESFERAS, ZINCADO.</p> <p>RODA EM BORRACHA INJECTADA CINZA, NÚCLEO TERMOPLÁSTICO COM CUBO LISO. DUREZA: 85 Shore A</p>
	 125 mm  32 mm  95x70 mm  42 mm  163 mm  100 Kg
	<p>195898 RODIZIO 300/BIST/35-125</p> <p>RODIZIO GIRATÓRIO, COM TRAVÃO (BLOQUEIO SIMULTÂNEO), SUPORTE EM AÇO ESTAMPADO COM DUAS PISTAS DE ESFERAS, ZINCADO.</p> <p>RODA EM BORRACHA INJECTADA CINZA, NÚCLEO TERMOPLÁSTICO COM CUBO LISO. DUREZA: 85 Shore A</p>
	 125 mm  32 mm  Ø35x110  45 mm  188 mm  100 Kg
	<p>195824 RODIZIO 300/PUET-125 F1 ANTI-ESTÁTICO</p> <p>RODIZIO GIRATÓRIO, COM TRAVÃO (BLOQUEIO SIMULTÂNEO), SUPORTE EM AÇO ESTAMPADO COM DUAS PISTAS DE ESFERAS, ZINCADO.</p> <p>RODA EM POLIURETANO INJECTADO CINZA, NÚCLEO E BLINDAGENS EM MATERIAL TERMOPLÁSTICO, CUBO COM ROLAMENTO DE ESFERAS. DUREZA: 85 Shore A, RESISTÊNCIA ELÉTRICA ENTRE 10M Ohm A 1000M Ohm</p>
	 125 mm  32 mm  12 mm  42 mm  156 mm  100 Kg

Figura B.2: Rodas e Rodízios [41].



Figura B.3: Rodas e Rodízios [41].

B.3 Anexo 3 – Motores

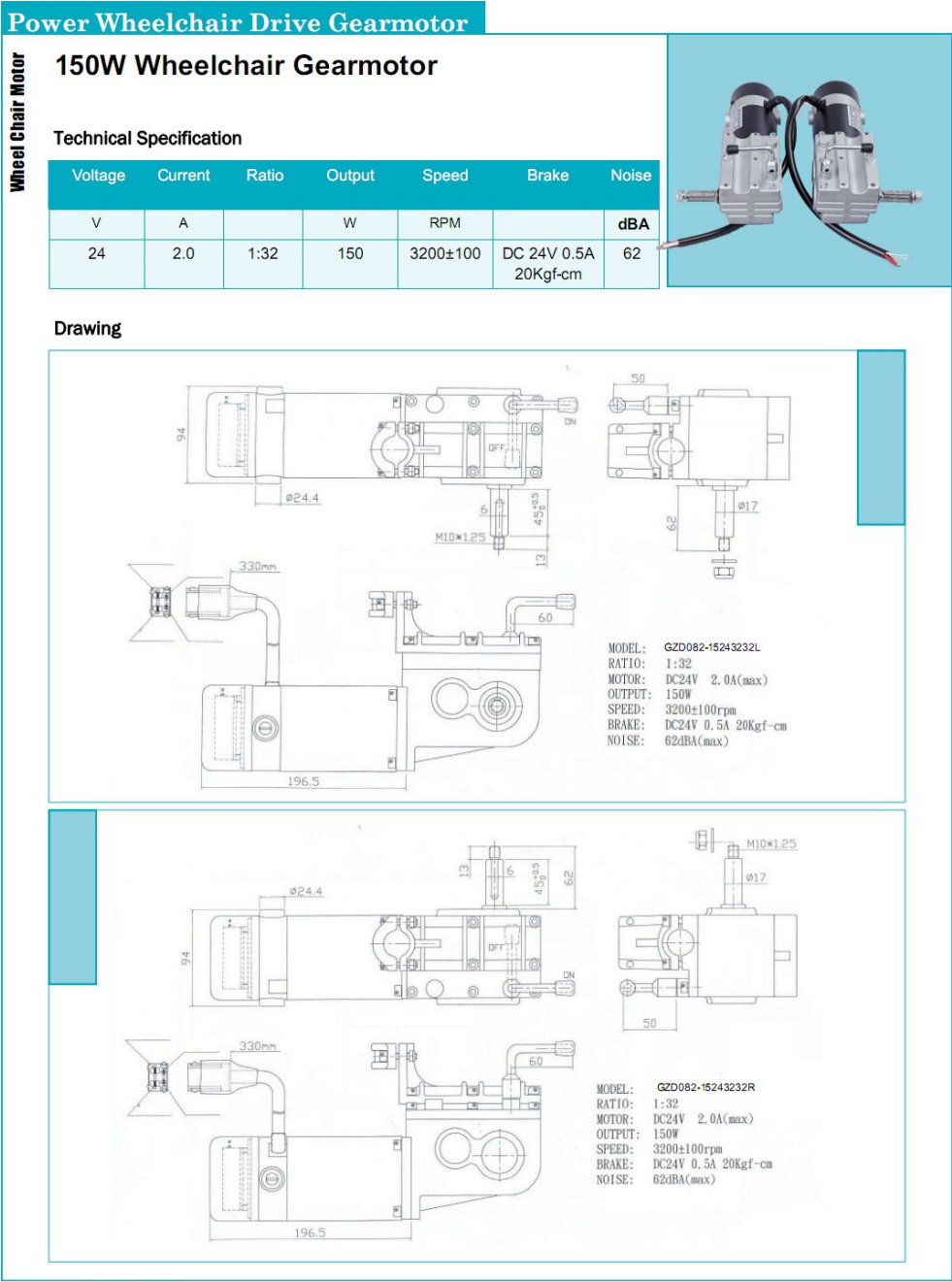


Figura B.4: Motor 150W [43].

Power Wheelchair Drive Gearmotor

300W Wheelchair Gearmotor

Technical Specification

Voltage	Current	Ratio	Output Power	Speed	Brake	Noise
V	A		W	RPM		dBA
24	3.0	1:25	300	4200±100	DC 24V 0.5A 40Kgf-cm	65



Wheel Chair Motor

Drawing

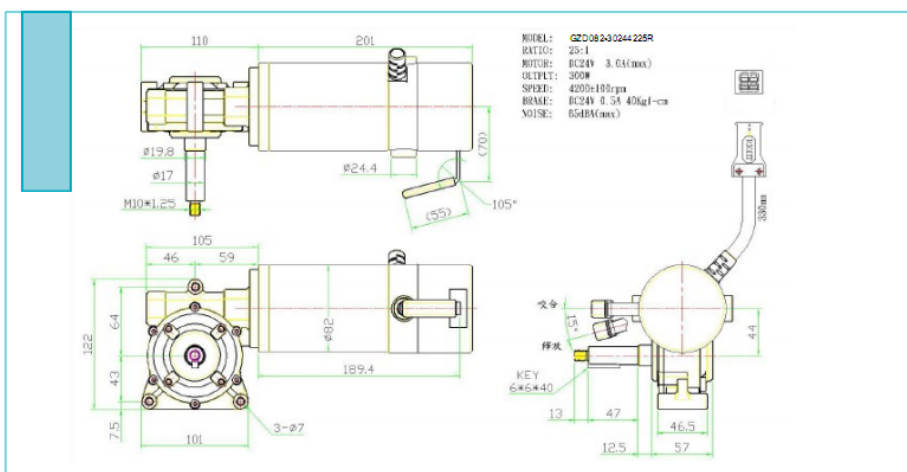
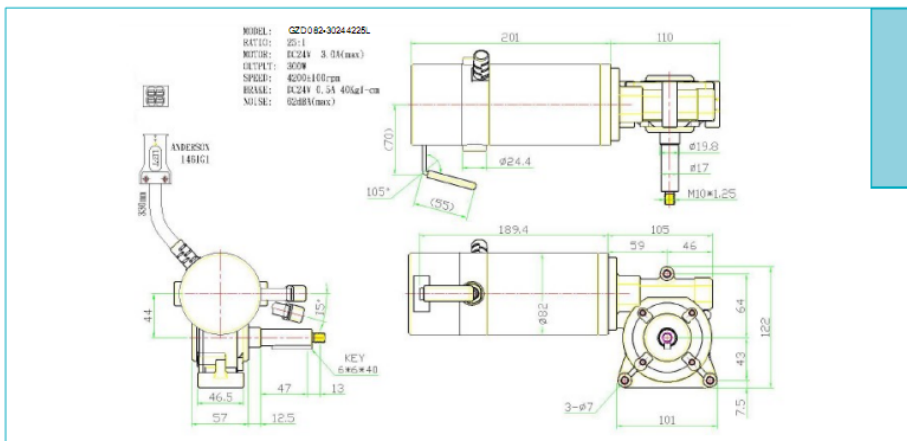


Figura B.5: Motor 300W [43].

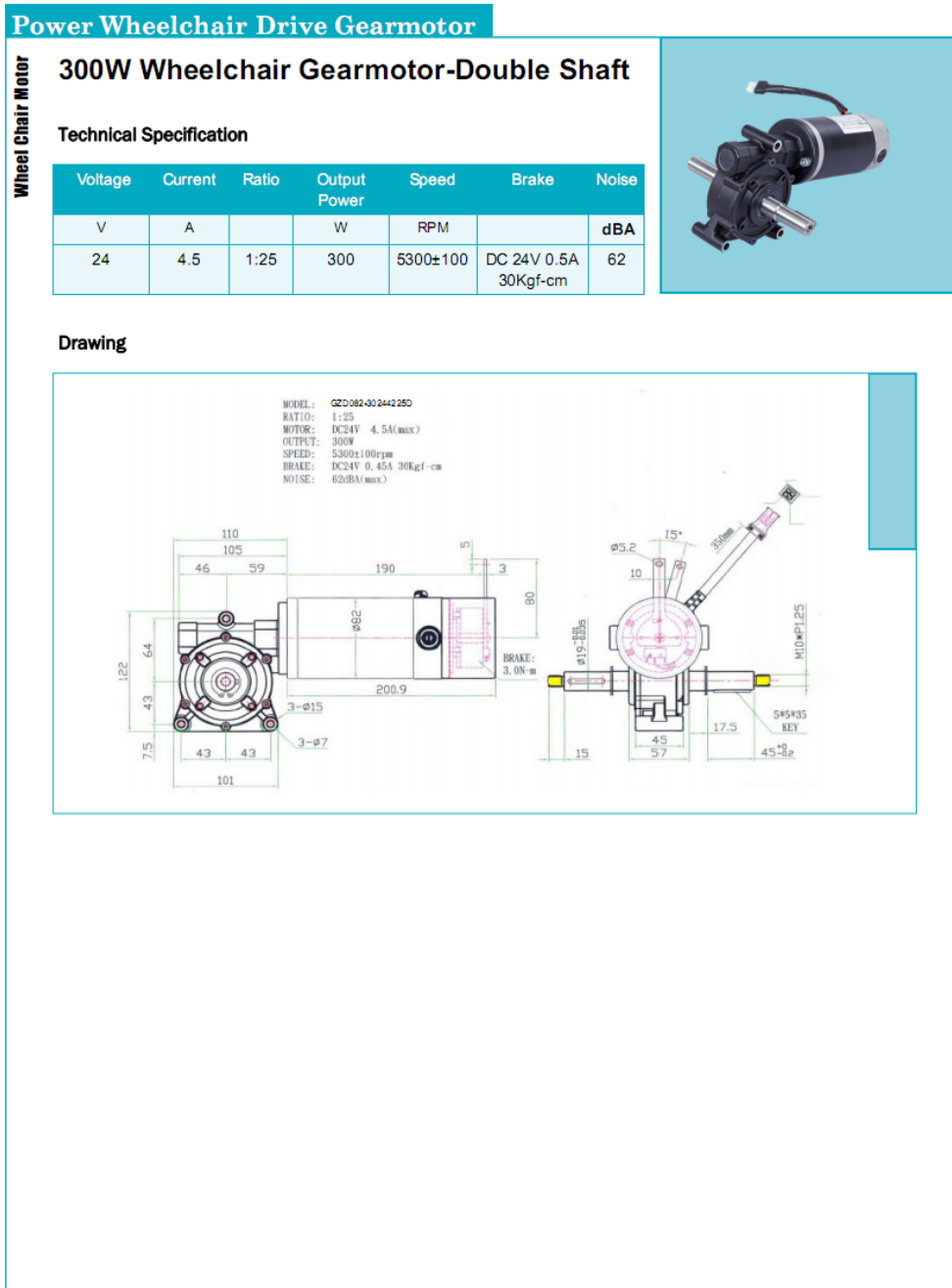


Figura B.6: Motor double shaft 300W [43].

B.4 Anexo 4 – Comandos

Shark

Remotes

DK-REMD01/11/21/31B

The DK-REMDB is a stylish modern joystick remote that is simple to use and configure. It is an updated version of the DK-REMD family that fully conforms to ISO7176-14:2008 and ANSI/RESNA VVC-2:2009 with the addition of a low fatigue joystick plus updated aesthetics.

Key Features

- Dynamic Controls Virtual Speed Pot technology
- Circular speedometer
- Field replaceable Bus cables

Part Numbers

- DK-REMD01B Basic Remote for drive only
- DK-REMD11B Remote for drive only + 2 Actuators
- DK-REMD21B Remote for drive only + 2 Actuators + Lights
- DK-REMD31B Remote for drive only + Lights

Technical Specifications

Material	Polymer
Protection Rating	IPX4
Operating Temp	-25°C to 50°C
Storage Temp	-40°C to 65°C
Size	193 x 77 x 119 mm
Weight	400 grams




Figura B.7: Comando Shark [56].

LiNX LE

Remote

DLX-REM050-A

The compact LiNX LE remote features leading edge ergonomic styling with controls orientated toward the user making it safer and simpler to use without being obscured by the joy stick. The low deflection force joy stick and associated hand rest area make it a stable platform for stress free driving.

Key Features

- Simple and intuitive controls
- Comfortable and natural to use
- Unparalleled fine control at low speed
- High quality finish



Technical Specifications

Material	Plastic
Protection Rating	IPX4
Operating Temp	-25°C to 50°C
Storage Temp	-40°C to 65°C
Size	163 x 73 x 107 mm
Weight	305 grams
Connectors	1 LiNX BUS Socket 1 XLR Charger Socket

Figura B.8: Comando LinX [56].

DX2

Master Remotes

DX2-REM550/551 Advanced Joystick Remote

The DX2 Master Remotes are stylish high-end joystick remotes with a large, clear, full colour LCD screen. They provide easy control and a high level of functionality to a wide variety of users.

Key Features

- Large, clear colour LCD screen with icon-based screen controls
- Light sensor to select indoor and outdoor display mode
- Low-force joystick with proportional or four quadrant control
- Direct access to computer mouse and environmental control modules
- Display adapts for right or left-hand mounting Battery gauge, real time clock and key pad controlled lock
- Programmable function keys to give direct access to chair functions
- Three jack sockets for multi-purpose external button control



Part Numbers

Master Remote

- DX2-REM550 Master Remote with colour LCD and 7 buttons
- DX2-REM551 Master Remote with colour LCD and 5 buttons
also required – DX BUS cable

External Buttons (if required for external jack sockets)

Please refer to DX Switches section for details of external buttons

Technical Specifications	
Material	Plastic
Protection Rating	IPX4
Operating Temp	-25°C to 50°C
Storage Temp	-40°C to 70°C
Size	211 x 88 x 153 mm
Weight	1100 grams
DX Connectors	2 DX BUS Connectors

Figura B.9: Comando DX [56].

B.5 Anexo 5 – Baterias



Description

All of Universal's state-of-the-art lead-acid battery are valve-regulated (sometimes called "sealed" or maintenance-free), which fixes the acid electrolyte in a gel or in an absorptive fiberglass mat. The advantage of this design is that the battery needs no water additions, can be operated in any position, and can be used in close proximity to people and sensitive equipment.

Specifications

Volts	12
Amp Hours	35
Length	7.7"
Width	5.2"
Height	7.1"
Weight	24.5 lbs.

\$80.00

Price is for single battery.

ActiveCare Medical Renegade Power Wheelchair, Pilot Series 3 & 4 wheel

Amigo Mobility: FD (Front Drive), Value Shopper (2 each), RD (Smart Shopper, Excite, Power Shopper, Escort)

Braun: T1100/ T1200F (series 4 & after)

Bruno: *PWC-2200 RWD, PWC-2300 FWD, Cub RWD (*Optional Cub 48 only), Cub 35 FWD (U1 optional)

Catalina Mid Wheel Drive Power Chair (2)

CTM Compact Mid-Wheel Drive Power Chair, Folding Power Chair HS-8200(2)

Chauffer Mobility: Chauffer Series, Viva Power heavy duty mini models

Damaco: D90, D99, Ovation, Electro-Lite, Elite

DCC Shoprider: Streamer (888W, 888WNL, 888WA),

Sovereign (888-3, 888-4), Sprinter, 889-3, 889-4, TE889DX2-4, 889DX4-4, Sprinter Deluxe

Drive Medical Design: Cirrus - DP116, DP118, DP120, Sunfire General Electric

Electric Mobility: Rascal Scooters, Turnabout/Stowaway, Mini base scooter 130, Candy Apple

Everest & Jennings: Metro Power, Navigator, Quest, Sprint

II, 3N, Tempest, Kid Power, Hot Wheels, Carrette, Mobie,

Sabre LTD, Marathon, Marathon LE, 3P, 3W, 3H, 3V,

Magnum, Xcaliber, Sprint, Sprint Plus, MX, Sabre (ES, ES-GT), Xcaliber Power Recliner, MX Power Recliner, Magnum

Power Recliner

Evermed: ECS, EBS

Golden Technology: Golden Companion, [Golden Companion II \(Click to View\)](#)

Hoveround: MPV1-MPV4, HRV 100, Activa LX, Activa DM, Activa GLX, Activa Forerunner

Invacare: Power 9000 (16" or wider), Ranger II RWD, New Nutron Series: [R32LX \(Click To View\)](#), [R50LX \(Click To View\)](#), [R51 \(Click To View\)](#), [R32](#), [R51](#), Pronto M8, Pronto

M71, Excel, P7E, LX-3, LX-3 plus & LX-4 Scooters, Ranger II, FWD Jr., Pronto M50 & M51, Pronto R2 250-series, Excel

250-series, Ranger II 250-S FWD/RWD/MWD

Karma Medical Products: Karma Scooters KS-836, KS-846, KS747

Pride Mobility: Jet 3

Figura B.10: Bateria 12V – 35Amp [55].



Description

22NF Sealed Gel Battery. Some compatible products include:


Active Care Medical Prowler
Alante 202
Catalina Mid wheel drive power chair (2)
Chaufer Mobility Viva Power 645 (2)
Drive Medical Sunfire Gladiator, Denali (2)
Electric Mobility Candy Apple (2)
Everest & Jennings Sabre LTD, Marathon, Marathon LE, 3P, 3W, 3H, 3V, Magnum, Xcaliber, Sprint, Sprint Plus, MX, Sabre (ES, ES-GT), Xcaliber Power Recliner, MX Power Recliner, Magnum Power Recliner (2)
1-800-Wheelchair Tracer Mobility Scooter
CTM Trecker HS-890, Compact mid wheel drive power chair (2), HS-125 (2), HS-290 (2)
Golden Technologies Avenger Scooter, Alante 202 and Compass Power Chair
Hoverround Teknique RWD, FWD, GT (2)
Invacare Pronto M94, Pronto M91, Heavy Duty Powerchair, At'm Motorized Take Along Wheelchair, Nutron R32, R32LX, R51, R51LX, R51LXP Motorized Wheelchair
Pride Mobility Maxima, Jazzy series, Jet 2, Jet 2HD, Jet 12, PHC 5, Jet 1 w/out Active Trac, Legend XL, Select 14, Select 14XL, Quantum 600, 6000Z (Group 3), Hurricane (2005 - Present), Victory XL, Boxter (2)
Merits Health MP1DX, MP1IU, MP3R (Gemini), MP3W, Travel-Ease Commuter (P181, P182, P183, 184), Travel-Ease Regal P301, P301, P313, P314, P31312, P31461, P31411, P31362 (2)
Redman Wheelchairs 107SRX, 107SR (2)
Shoprider Mobility Streamer 888WS, Sprinter 889-3 XL, TE889DX2-4, 889DX4-4, Sprinter Deluxe, Flagship, Sprinter Jumbo XL, Sprinter XL3 & XL4 (2)
Sunrise Quickie S626, G424, Aspire F10/F11, Freestyle F11, Rhythm, Groove, P220, S646, S646SE, P222SE, S525, V100, P110, P190, Z500, V121, S525, V521 (2)
Suntech Sterling, Scoota, Regent 3 & 4 (new series) (2)
Wheelchairs of Kansas BCWPRAD-Power Advantage (2)

Specifications

Nom Voltage(V)	12 Nom Capacity (AH) 5hr rate 37.8 AH Nom Capacity (AH) 20hr rate 50 AH Weight 38 (17.1kg) Length (mm) 9.38 (238mm) Width (mm) 5.50 (140mm) Height (mm) 9.25 (235mm) Reserve Capacity 69
Weight	37 lbs.
Length	9"
Width	5.47"
Depth	9.24"
HCPSC code	K0082
E Code	E2360

\$199.00

Figura B.11: Bateria 12V – 50Amp [55].



Description

All of Universal's state-of-the-art lead-acid battery are valve-regulated (sometimes called "sealed" or maintenance-free), which fixes the acid electrolyte in a gel or in an absorptive fiberglass mat. The advantage of this design is that the battery needs no water additions, can be operated in any position, and can be used in close proximity to people and sensitive equipment.

Price is for single battery.

Features

The UB12550 works for any of the following Wheelchairs and Mobility Scooters:

Golden Technology: [Alante \(Click to View\)](#)

Hoveround: Teknique RWD,FWD,GT

Invacare: 3G Storm Torque SP, Power Tiger, Pronto R2, Ranger II FWD, MWD, Xterra GT

DCC Shoprider: Streamer 888WS, Sprinter 889-3 XL

Merits Health Products: MP1IX, MP1IU, MP3R (Gemini), MP3W

Pillar Technology: Deluxe Powerchair

Pride: Jazzy (1105, 1115), [Jet 2 \(Click to View\)](#), Jet 2 HD, Jet 12, PHC 5, Jet 1 w/out Active Trac

Wheelchairs of Kansas: BCWPRAD- Power Advantage

Movingpeople.net Fortress Scooters: Winner 3 & Four Wheel, Champion

Quickie: S626, G424

Redman Wheelchairs: 107SR

Specifications

UPG#:	D5825
Description:	UB12550 (22NF)
Volts:	12
Amp Hours:	55
Length (in):	9.0
Width (in):	5.4
Height (in):	8.5
Weight (lb):	37.9
Case Qty:	1

\$174.00

Figura B.12: Bateria 12V – 55Amp [55].



Figura B.13: Bateria 12V – 50Amp 26.6kg (*Surace*).

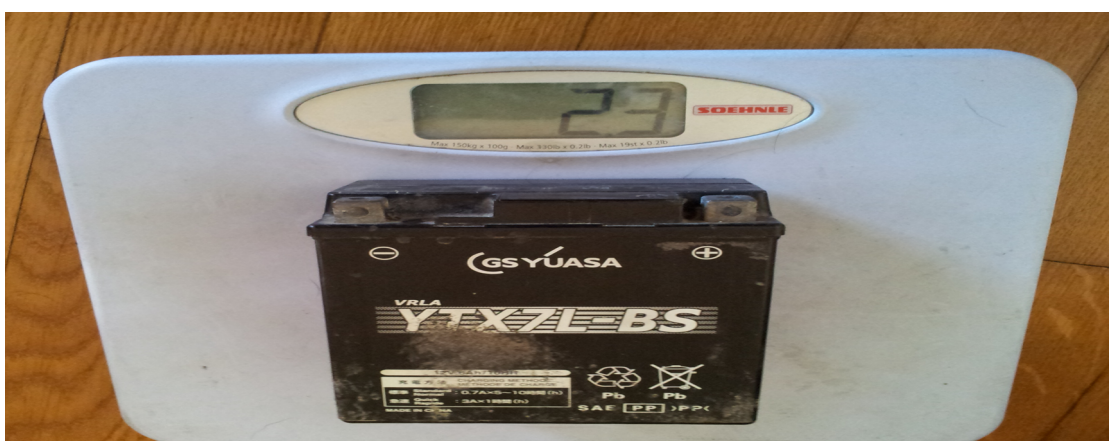


Figura B.14: Bateria 12V – 6Amp 2.3kg (*Yuasa*).



Figura B.15: Bateria 12V – 2.4Amp – 760gr (*Texecom*).



Figura B.16: Comparativo entre baterias de 12V, com diferentes amperes.

B.6 Anexo 6 – Kits motorizados



Figura B.17: Controle e rodas motorizada (preço 150 – 200\$) [54].



Figura B.18: Controlador – *GoldenMotor* [54].



Figura B.19: Carregador – *GoldenMotor* [54].

B.7 Anexo 7 – Simulações

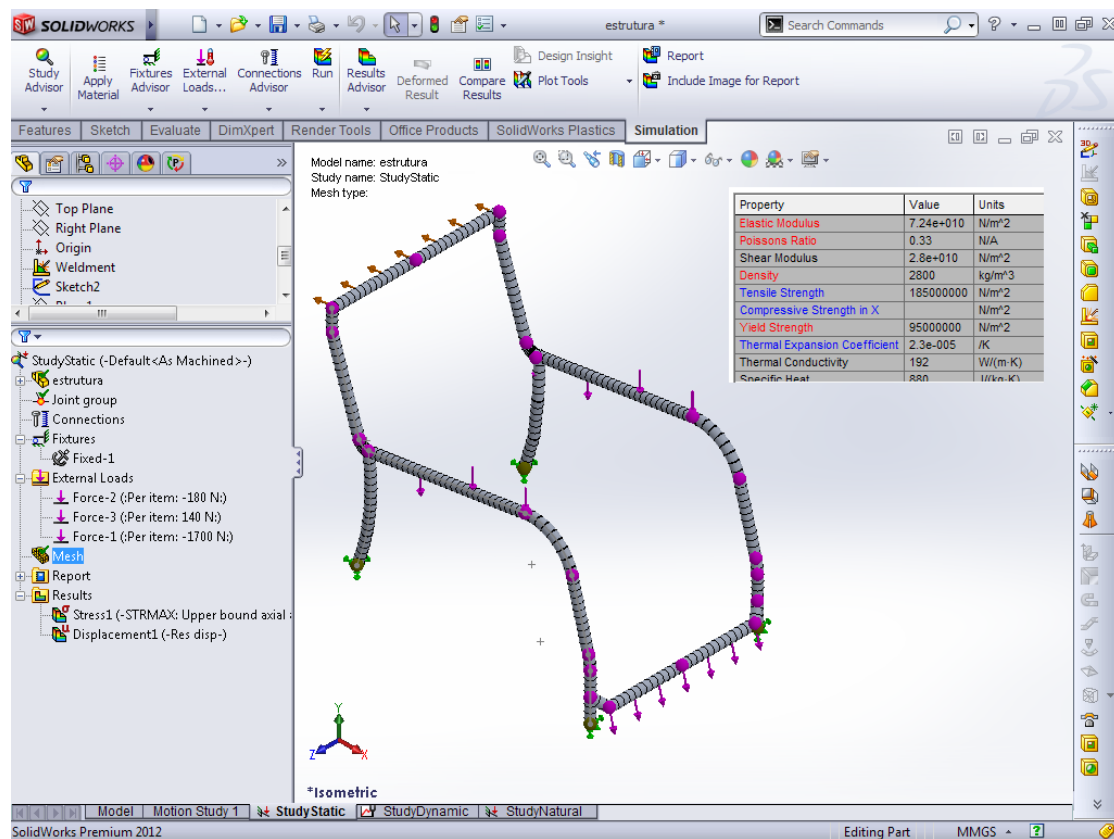


Figura B.20: Malha e material da estrutura.

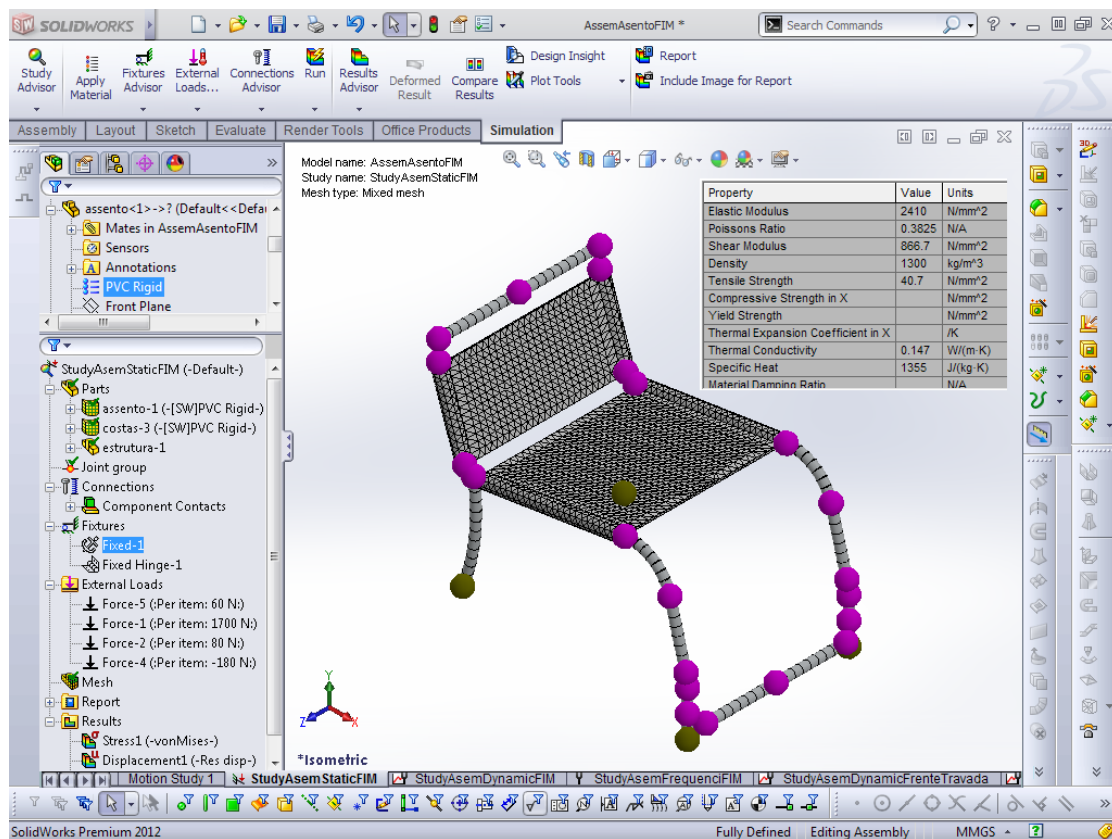


Figura B.21: Malha e material dos apoios (costas e assento).

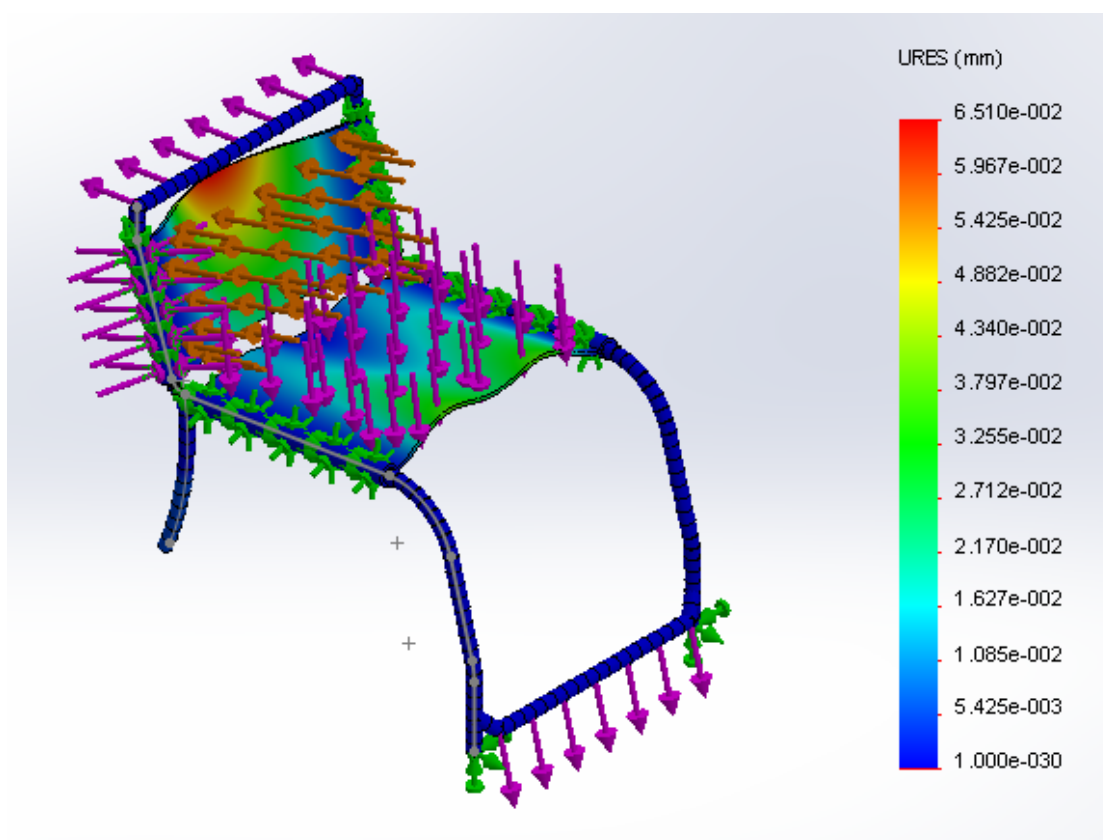


Figura B.22: Simulação Dinâmica Deformação – Caso rodas dianteiras fixas.

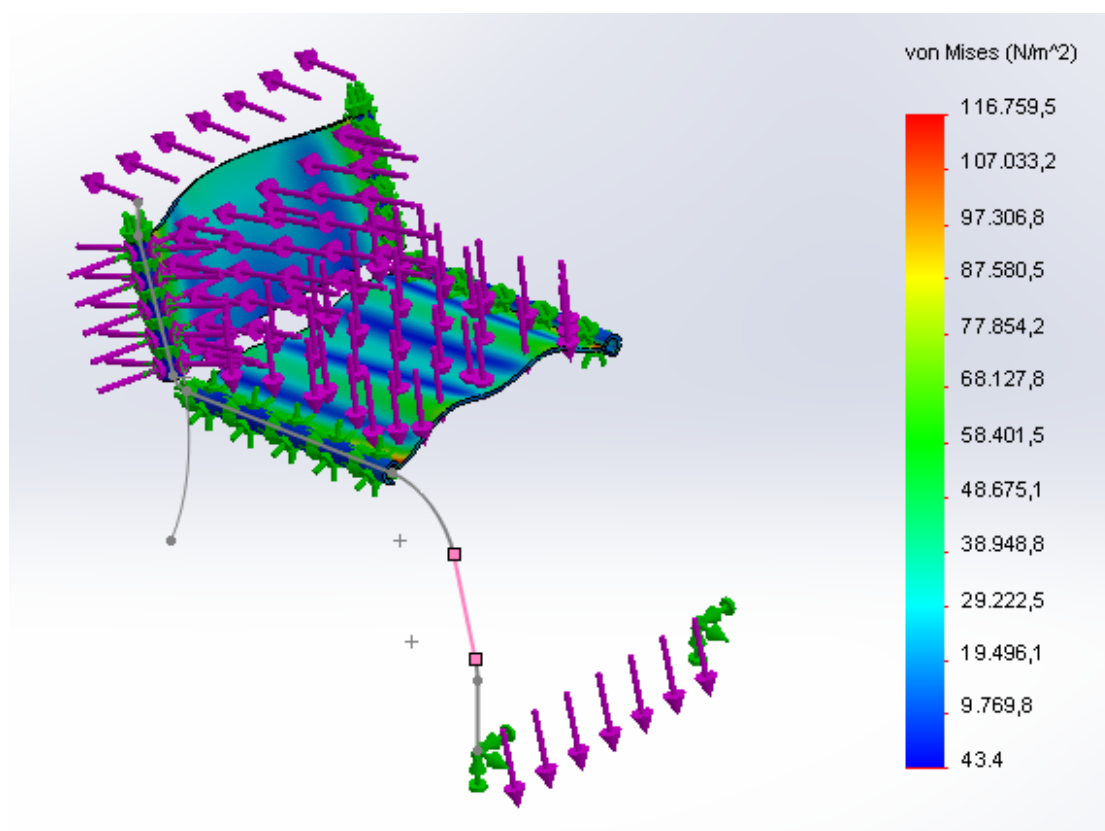


Figura B.23: Simulação Dinâmica Tensão – Caso rodas dianteiras fixas.

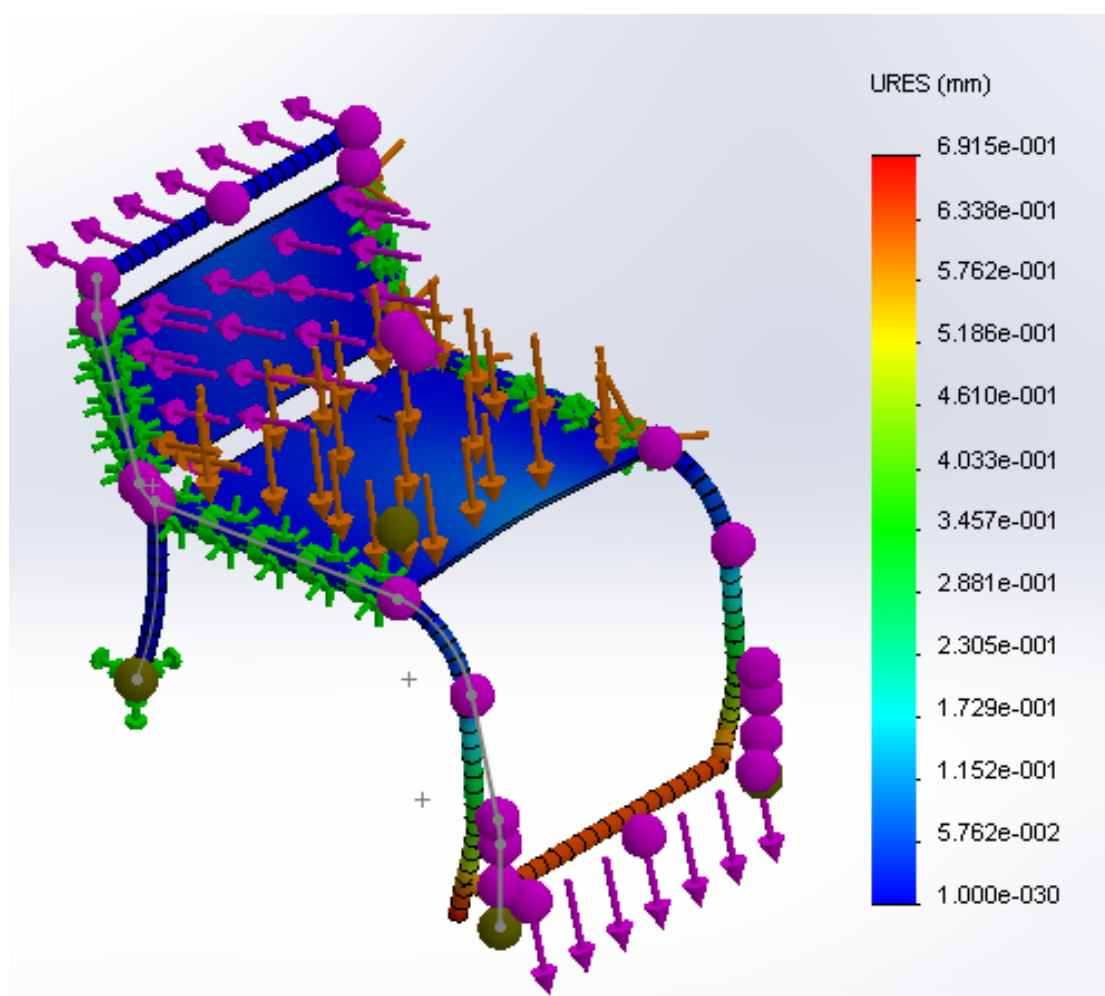


Figura B.24: Simulação Dinâmica Deformação – Caso rodas traseiras fixas.

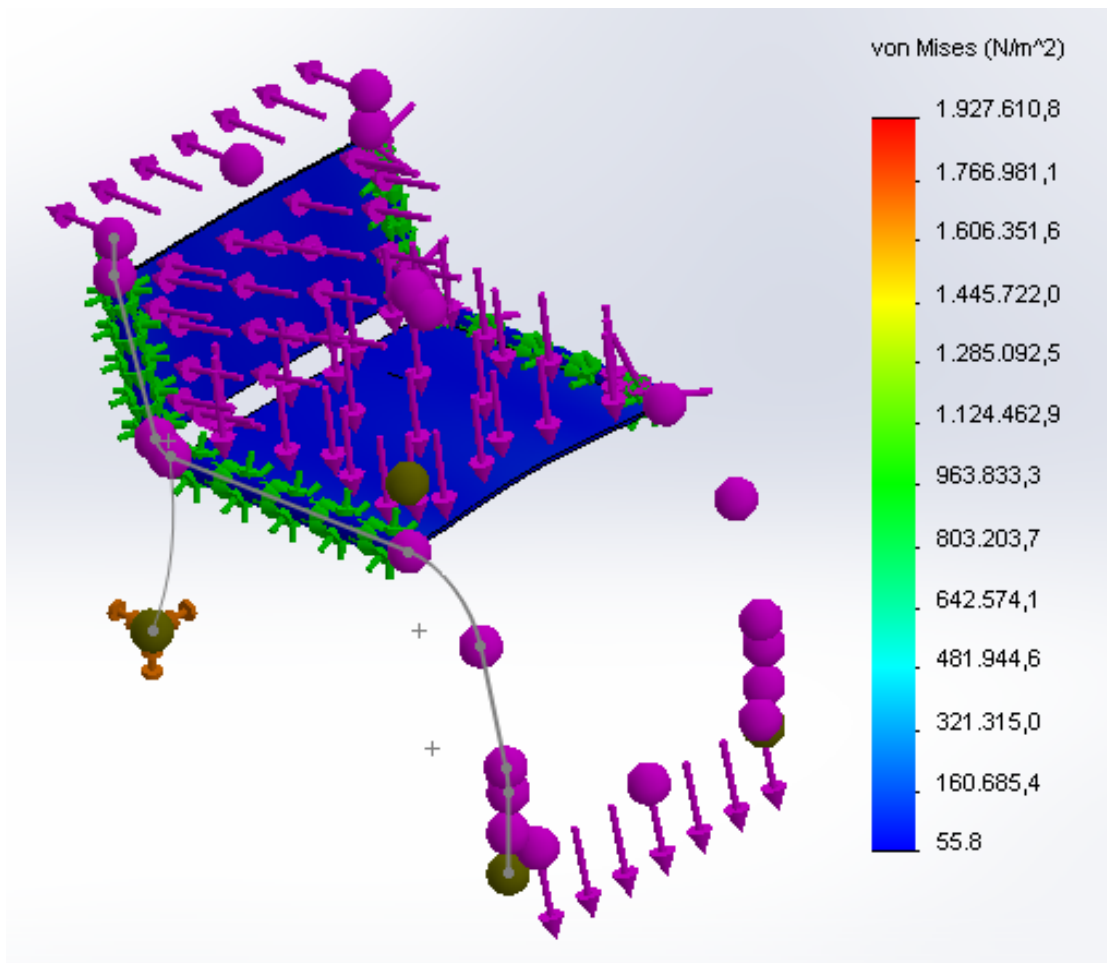


Figura B.25: Simulação Dinâmica Tensão – Caso rodas traseiras fixas.

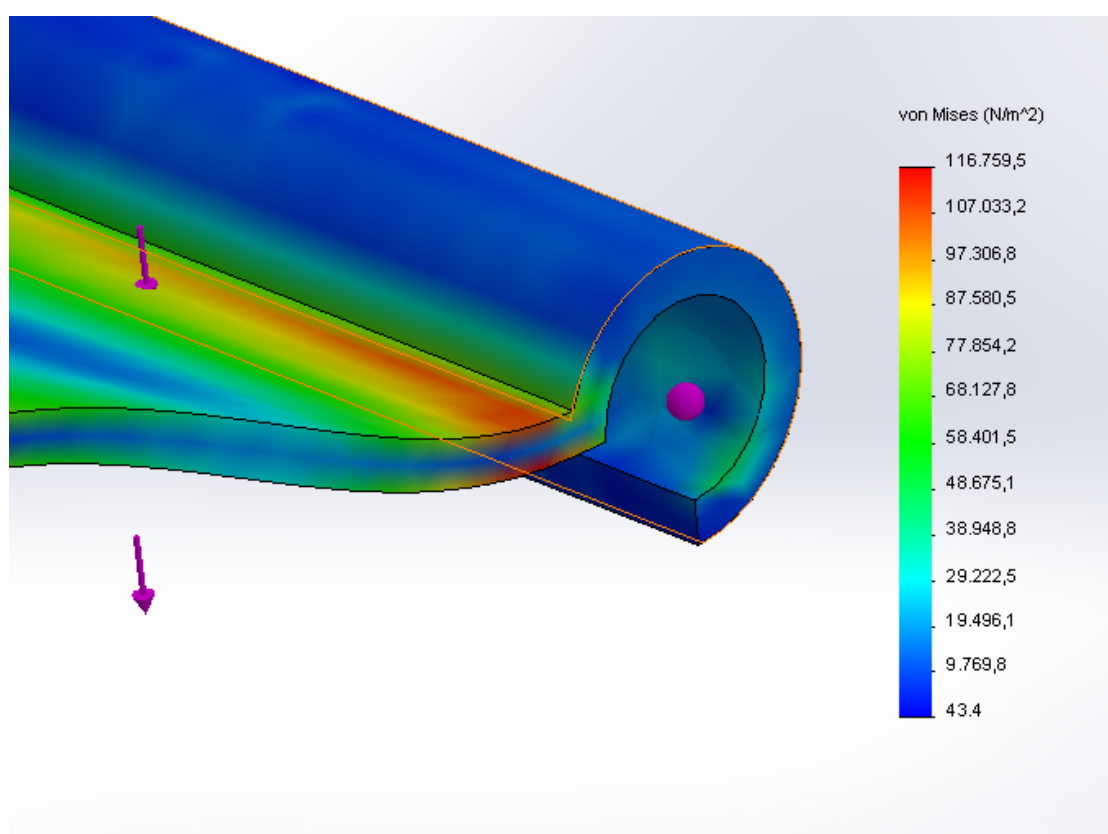


Figura B.26: Simulação Dinâmica Tensão no assento em *PE* (*PEAD*).

B.8 Anexo 8 – Fotorrealismo



Figura B.27: Fotorrealismo – Modelo proposto (cadeira de estar).



Figura B.28: Fotorrealismo – Modelo proposto (cadeira com rodas – 1).



Figura B.29: Fotorrealismo – Modelo proposto (cadeira com rodas – 2).



Figura B.30: Fotorrealismo – Modelo proposto (com “Ergo-man”).



Figura B.31: Fotorrealismo – Modelo proposto (Assento modular – tipo 1).



Figura B.32: Fotorrealismo – Modelo proposto (Assento modular – tipo 2).

B.9 Anexo 9 – Documentação Técnica

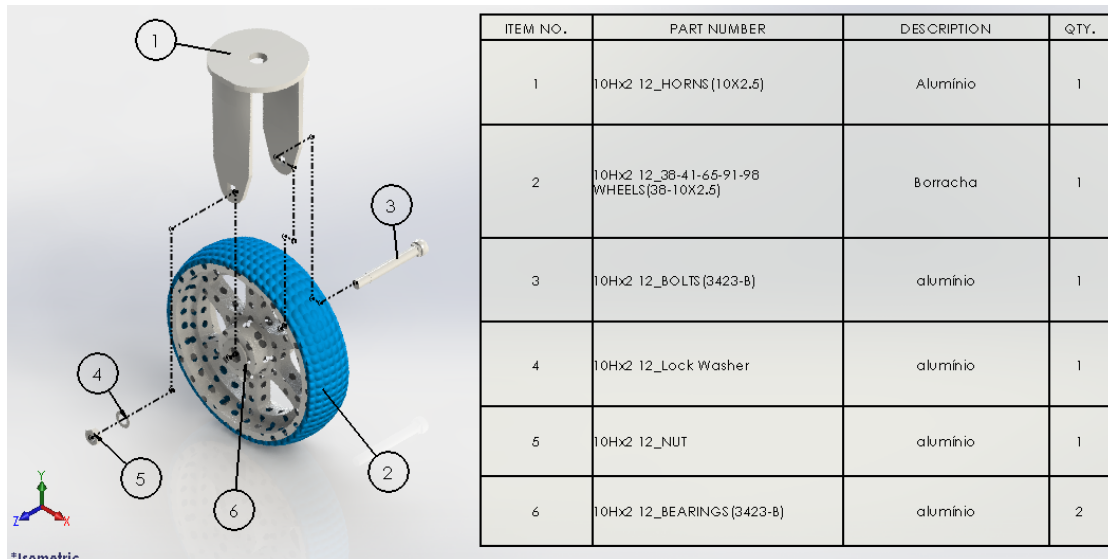


Figura B.33: Roda traseira – Modelo proposto ($\pm 1750gr$).

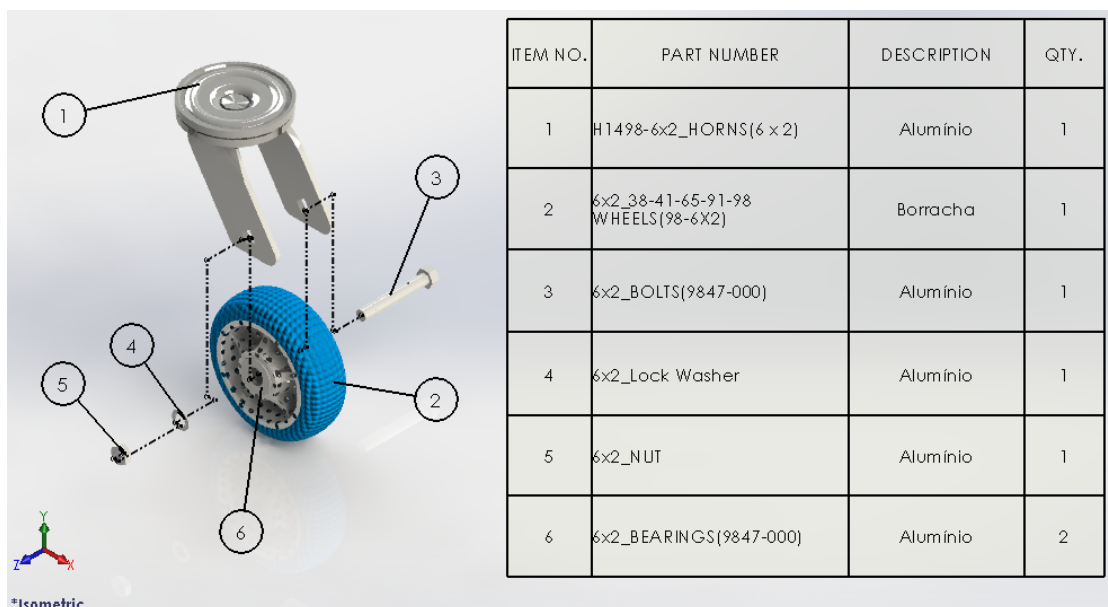


Figura B.34: Roda dianteira – Modelo proposto ($\pm 910gr$).

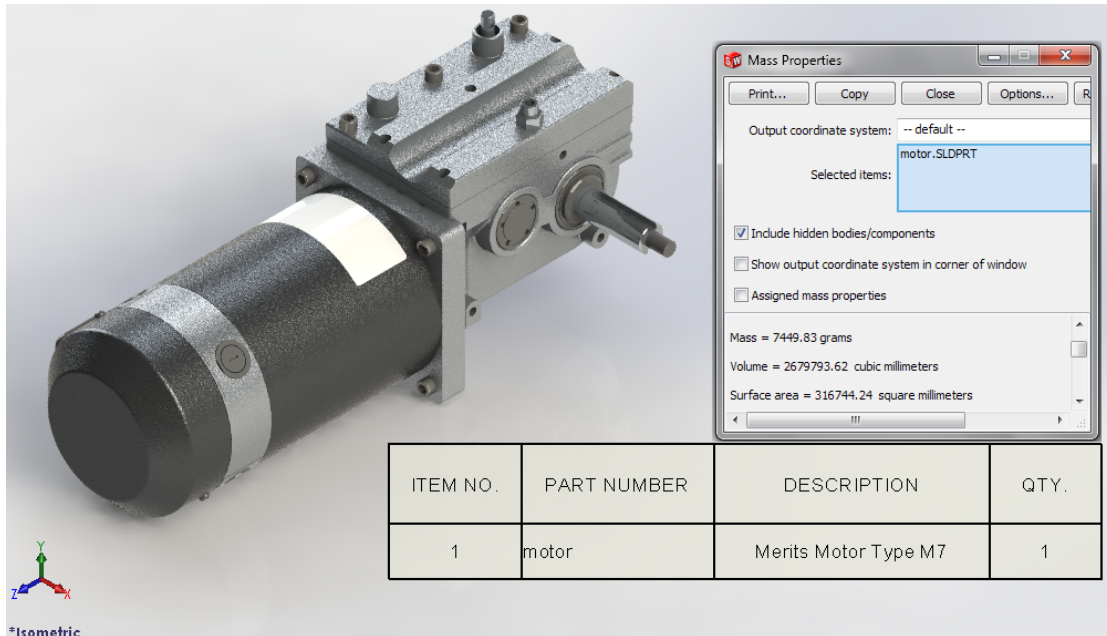


Figura B.35: Motor 300W ($\pm 7500gr$).



Figura B.36: Comando (Joystick) – Modelo proposto ($\pm 350gr$).

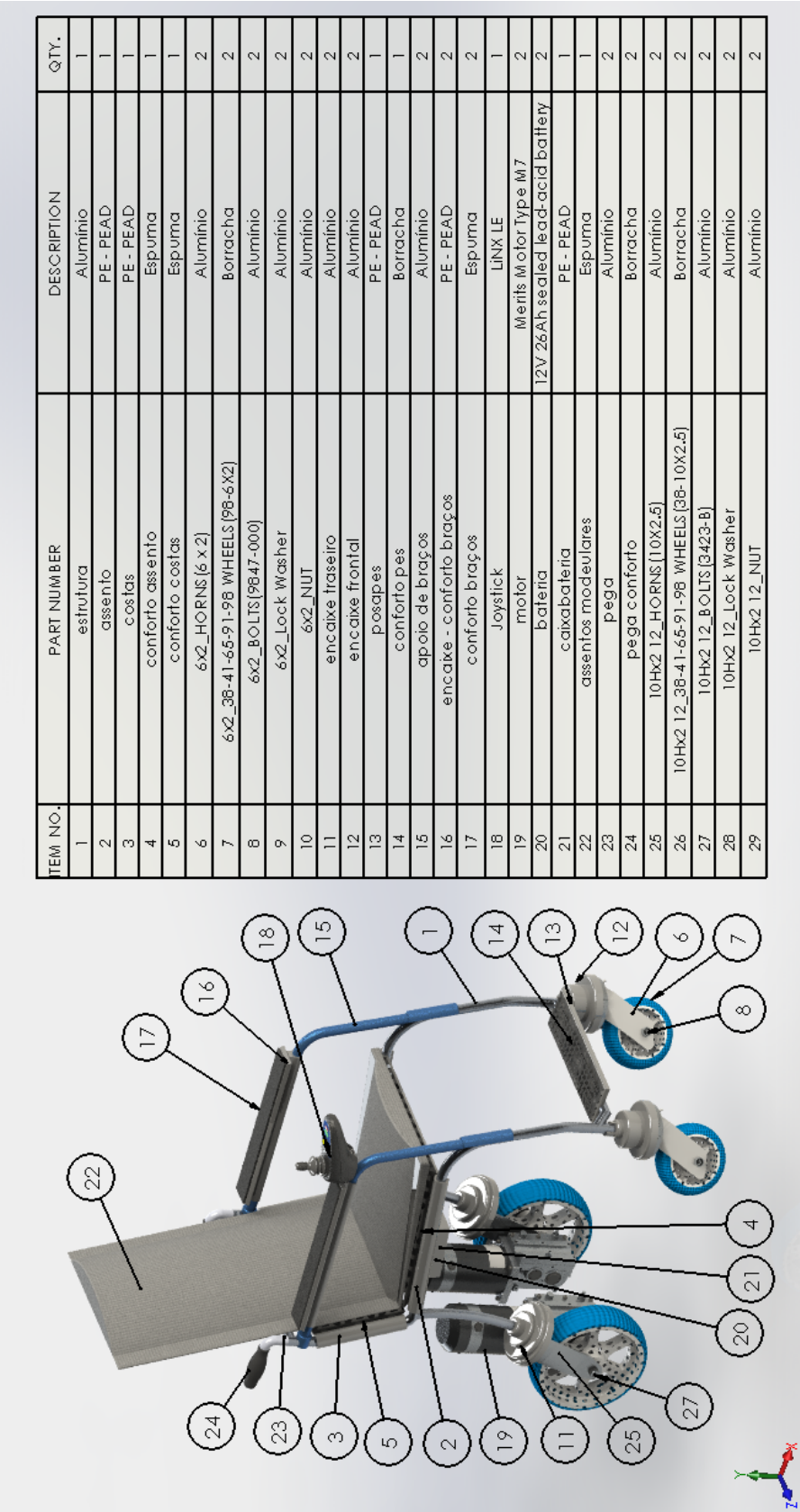
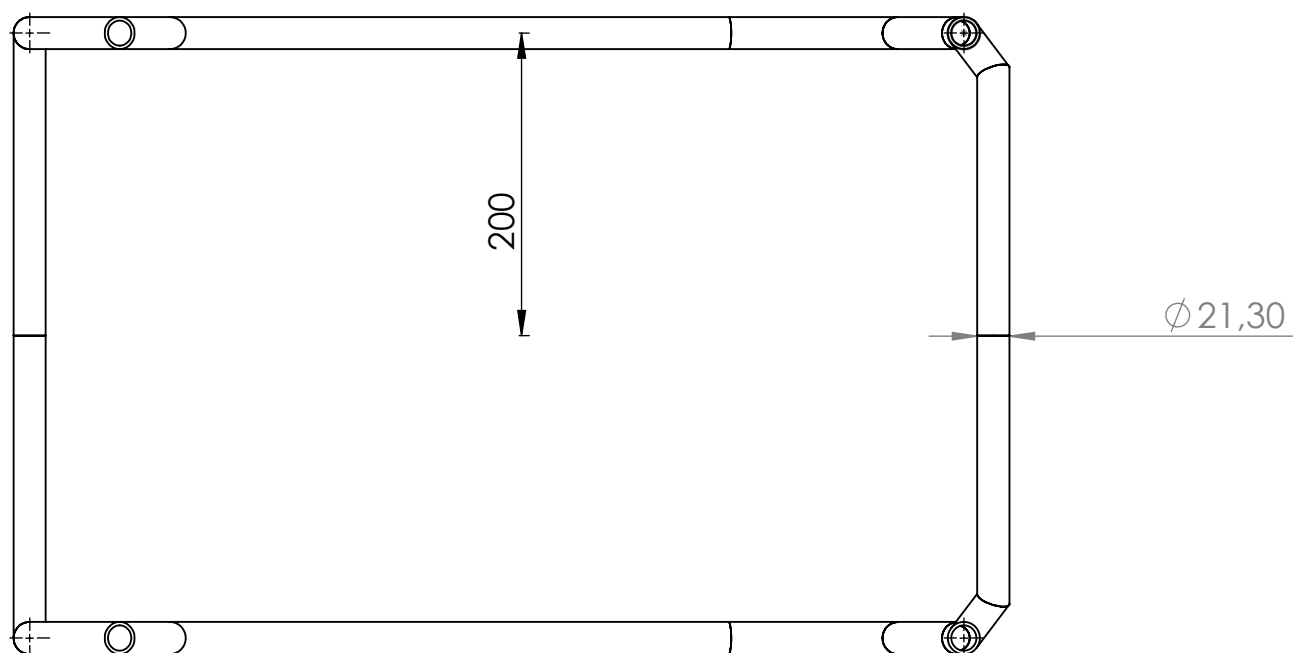
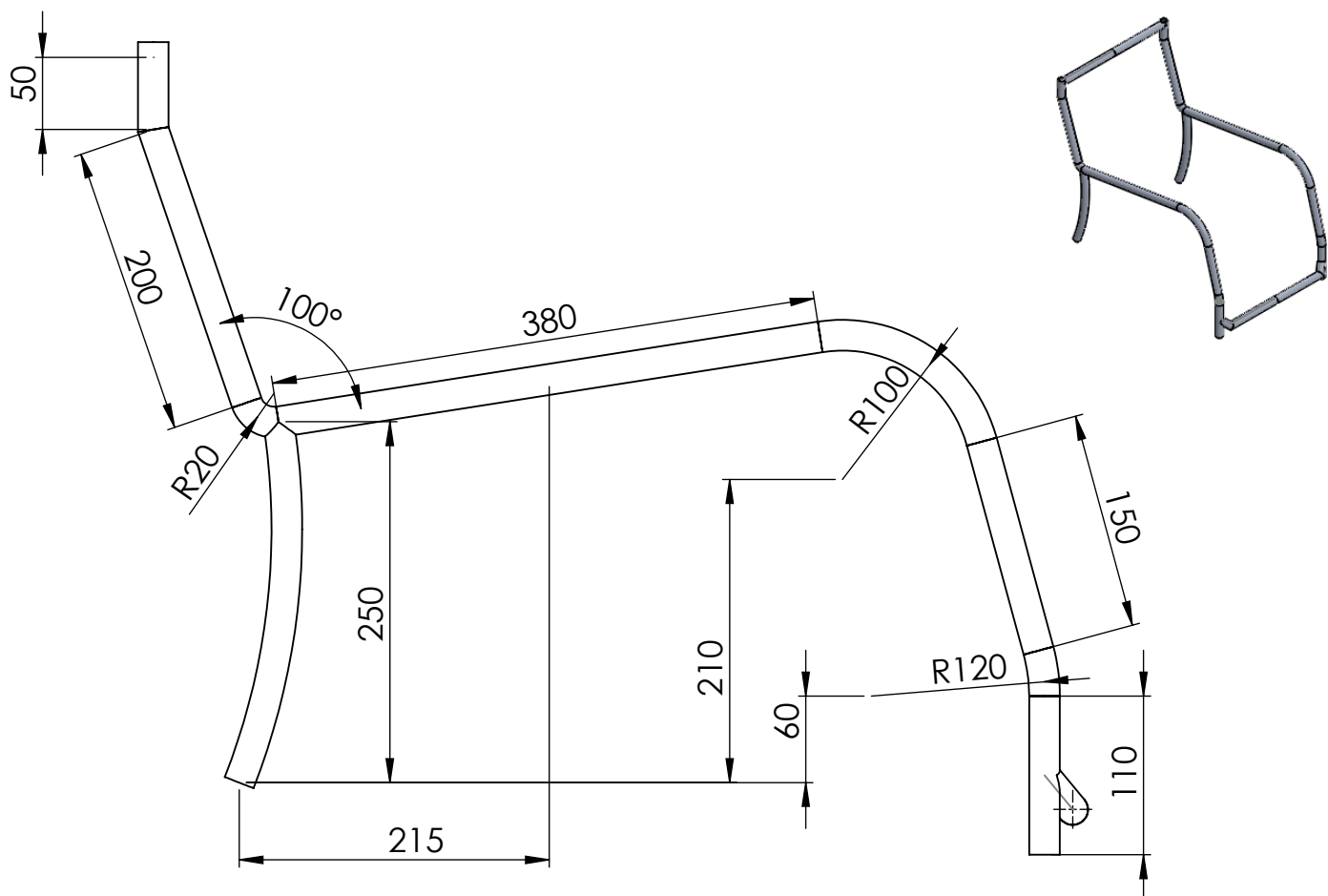


Figura B.37: Lista de componentes do Modelo Proposto.



Design:	34378
Richard Daniel Carvalhais de Jesus	
MATERIAL:	Alumínio
Peso: 1345,42 gramas	

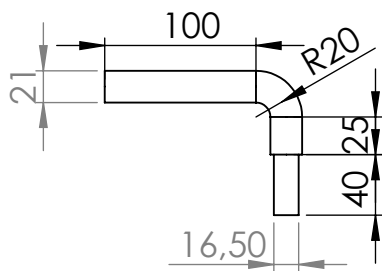
Mestrado em Engenharia Mecânica

Universidade de Aveiro
Departamento de Engenharia Mecânica

DWG NO.	Estrutura	A4
Cadeira para auxílio à mobilidade de pessoas seniores		
ESCALA: 1:5		

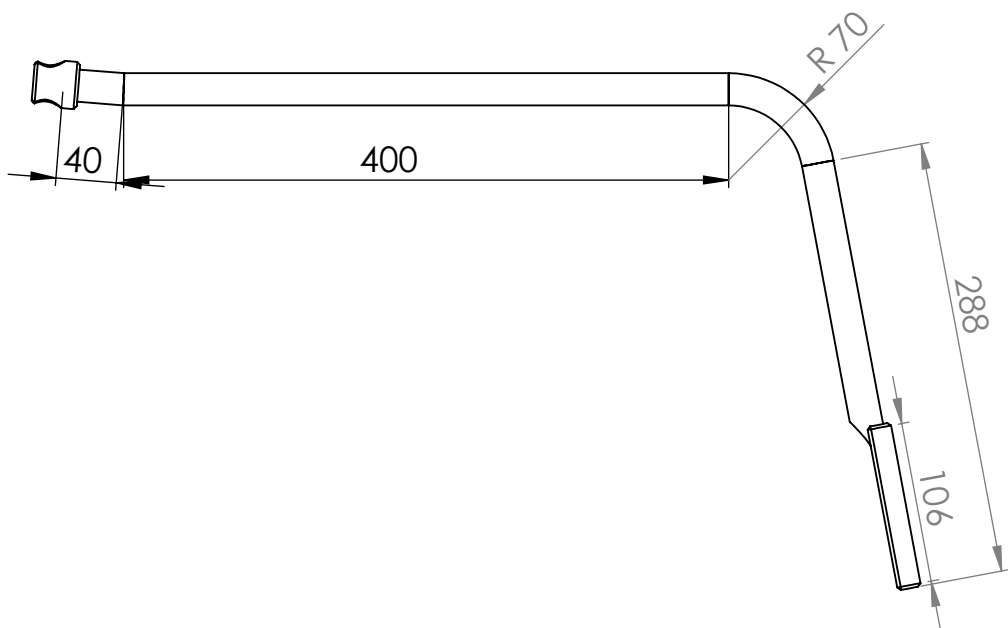
Pega para Terceiros

Massa = 28.02 gramas



Apoio de Braços

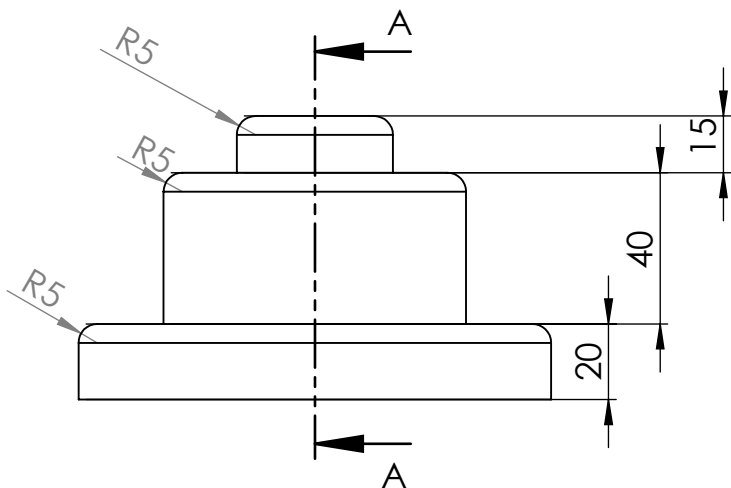
Massa = 128.02 gramas



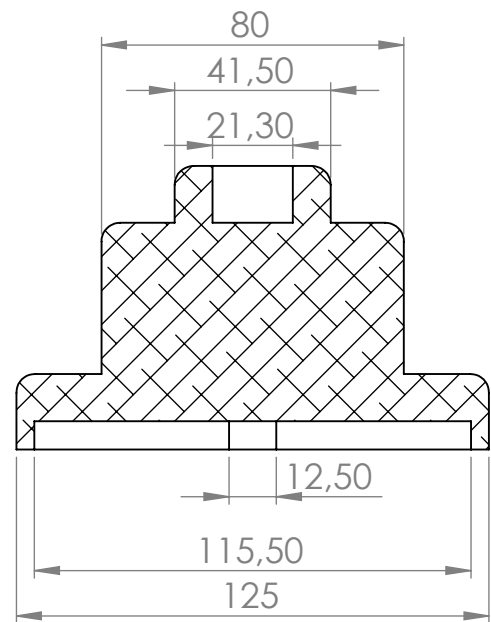
		Mestrado em Engenharia Mecânica	
Design: 34378		Universidade de Aveiro Departamento de Engenharia Mecânica	
Richard Daniel Carvalhais de Jesus			
MATERIAL: Alumínio		DWG NO. Apoios braços e Pegas Cadeira para auxílio à mobilidade de pessoas seniores	A4
Peso: 156.04 gramas		ESCALA: 1:5	

Encaixe Frontal

Massa = 1060.28 gramas

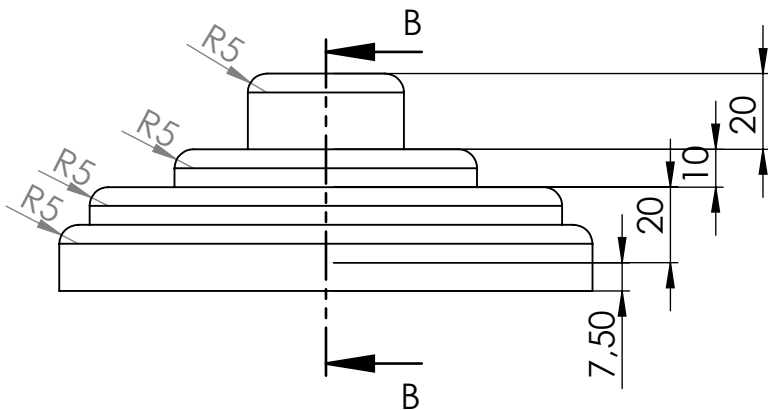


SECTION A-A
SCALE 1 : 2

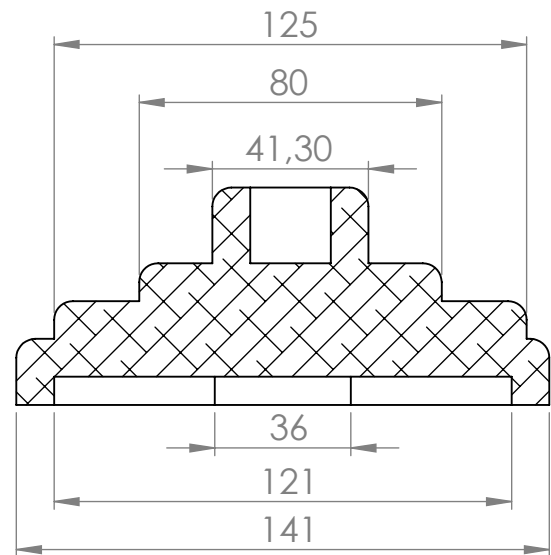


Encaixe Traseiro

Massa = 1047.97 gramas



SECTION B-B
SCALE 1 : 2



Mestrado em Engenharia Mecânica

Design:

34378

Richard Daniel
Carvalhais de Jesus

MATERIAL:

Alumínio

Peso: 2108.25 gramas

Universidade de Aveiro
Departamento de Engenharia Mecânica

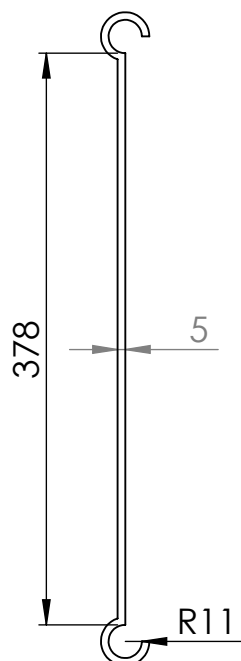
DWG NO.

Encaixe das Rodas

Cadeira para auxílio à mobilidade de pessoas seniores

ESCALA: 1:2

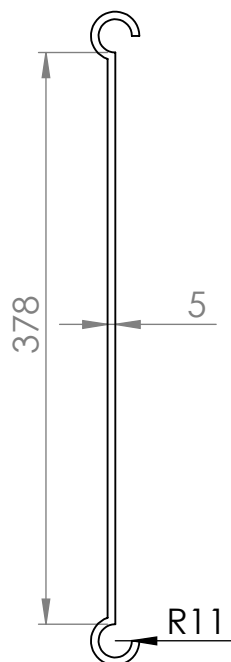
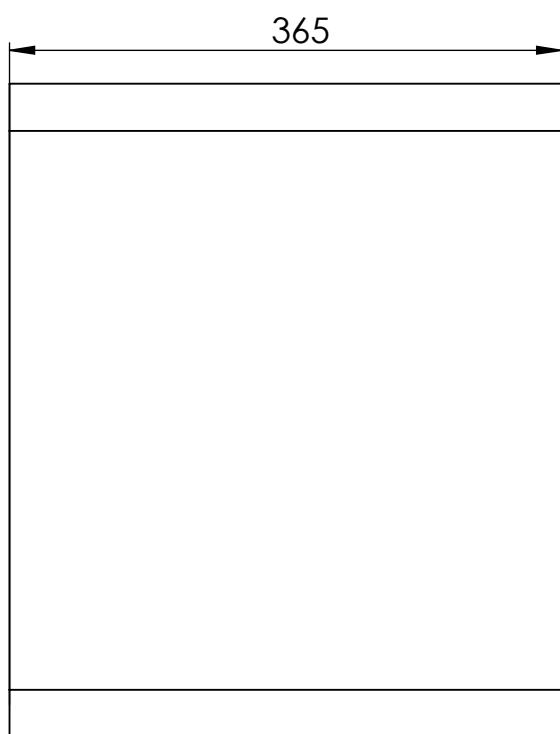
A4



Apoio das Costas

Massa = 460.17 gramas

Surface area = 200328.38 mm²



Apoio do Assento

Massa = 861.34 gramas

Surface area = 370651.60 mm²

Mestrado em Engenharia Mecânica

Design:

34378

Richard Daniel
Carvalhais de Jesus

MATERIAL:

PE - PEAD

Peso: 1321.51 gramas

Universidade de Aveiro
Departamento de Engenharia Mecânica

DWG NO.

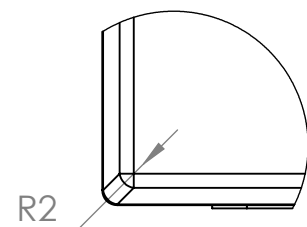
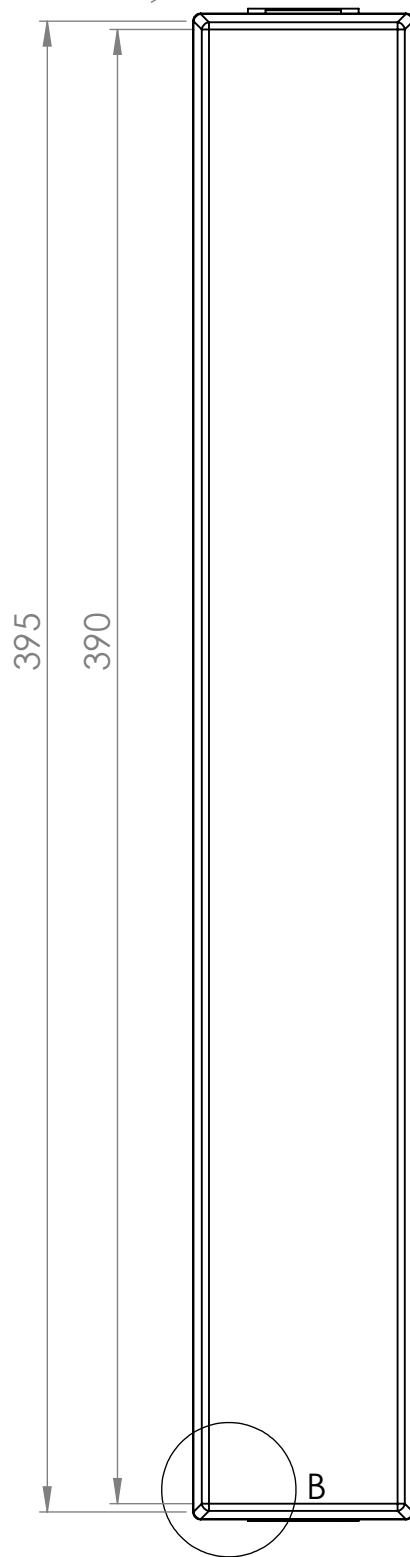
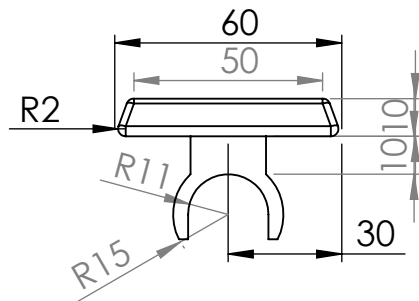
Apoios - Costas e Assento

Cadeira para auxílio à mobilidade de pessoas seniores

ESCALA: 1:5

A4

ESCALA: 1:2



DETAIL B
SCALE 1 : 1

Mestrado em Engenharia Mecânica

Universidade de Aveiro
Departamento de Engenharia Mecânica

Design:

34378

Richard Daniel
Carvalhais de Jesus

MATERIAL:

PE - PEAD

Peso: 343.23 gramas

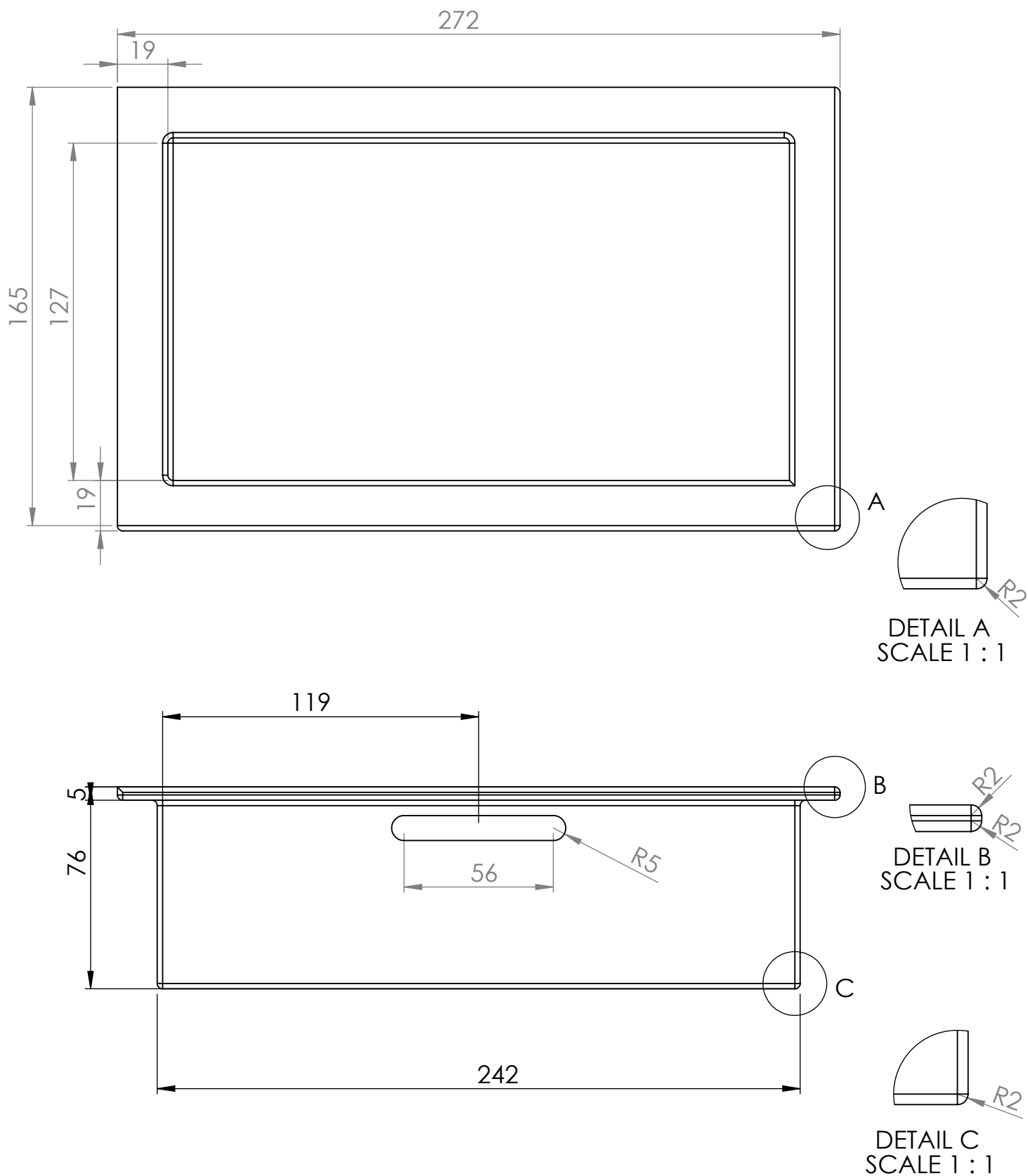
DWG NO.

Apoios braços

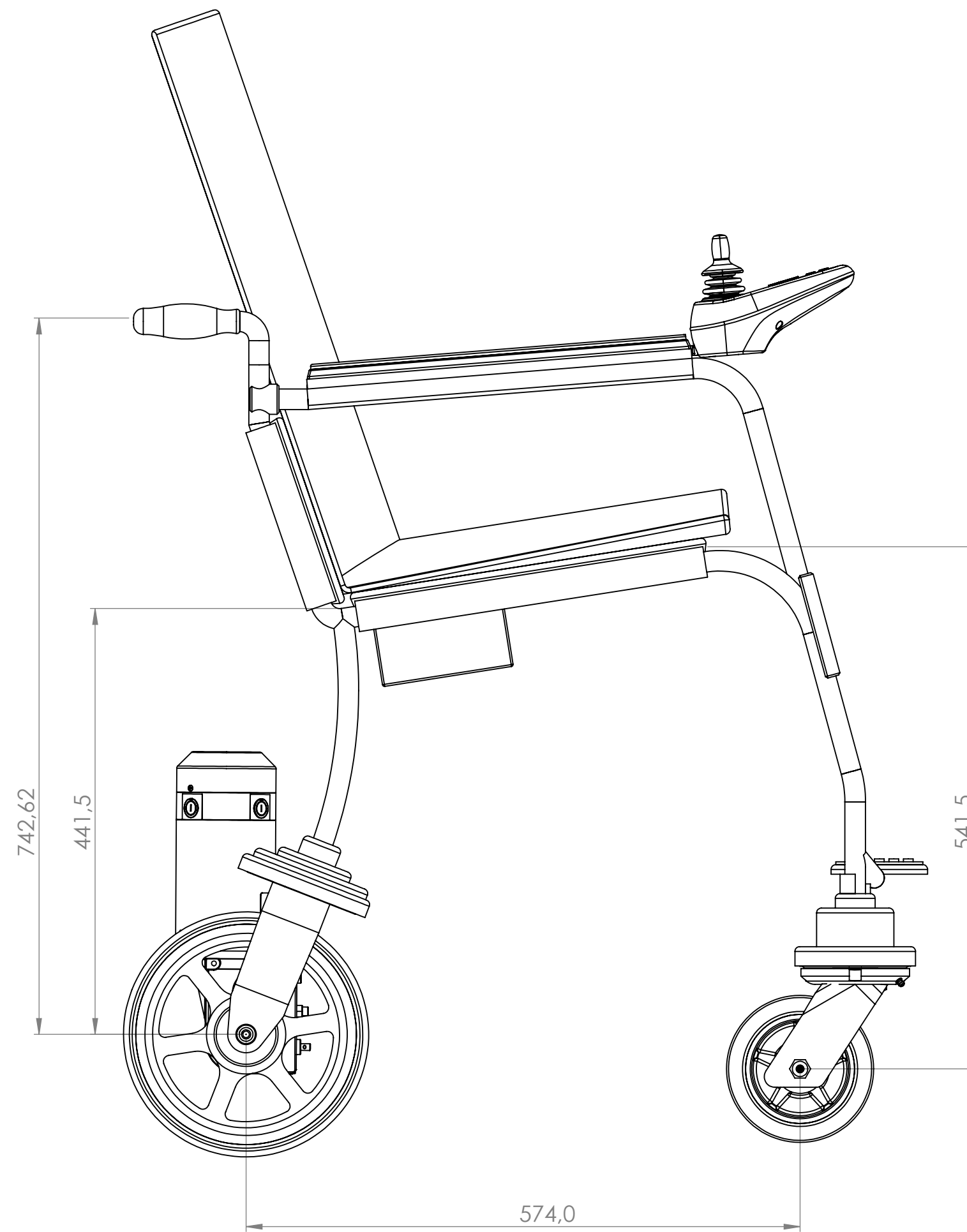
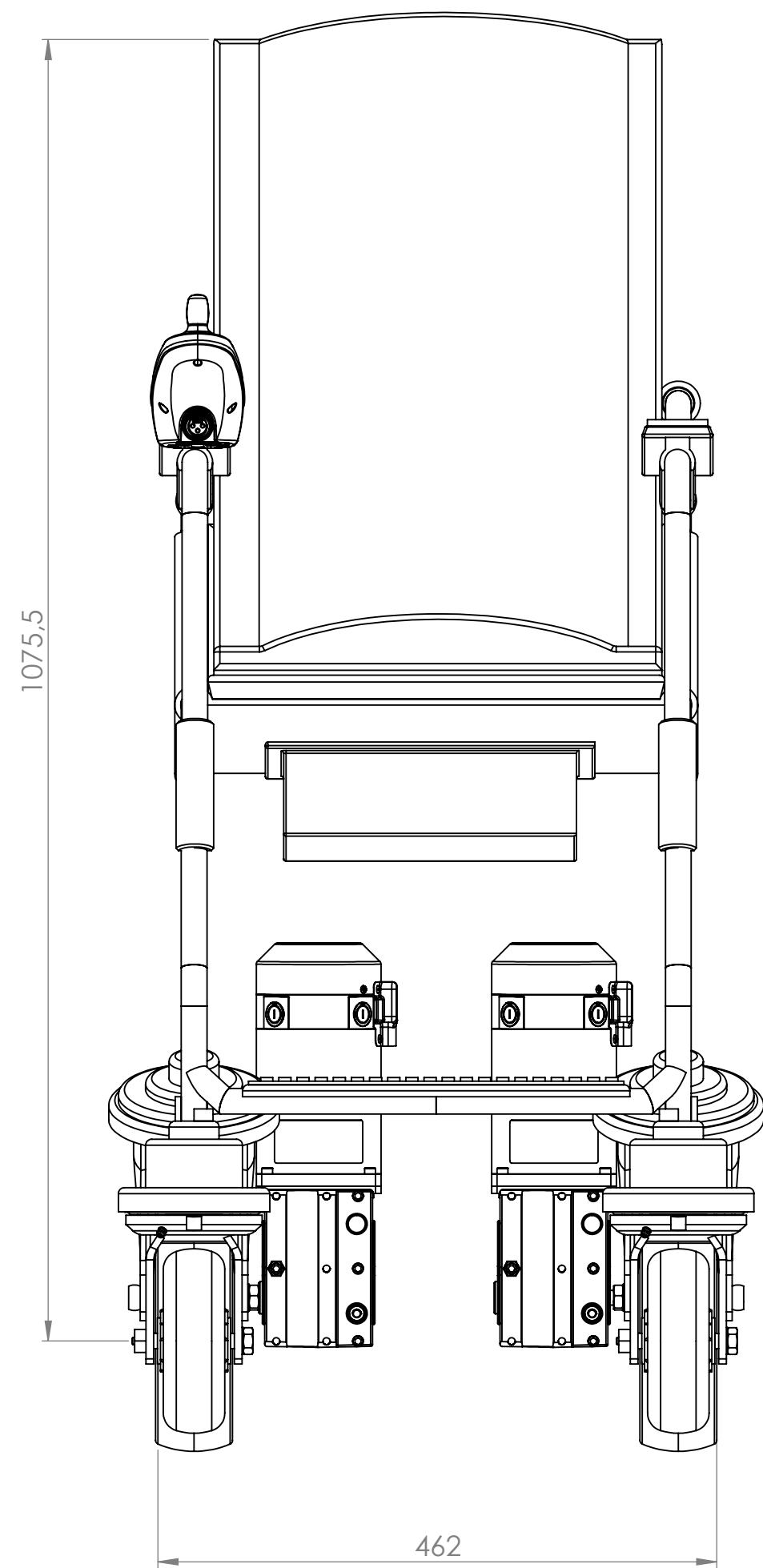
Cadeira para auxílio à mobilidade de pessoas seniores

ESCALA: 1:2

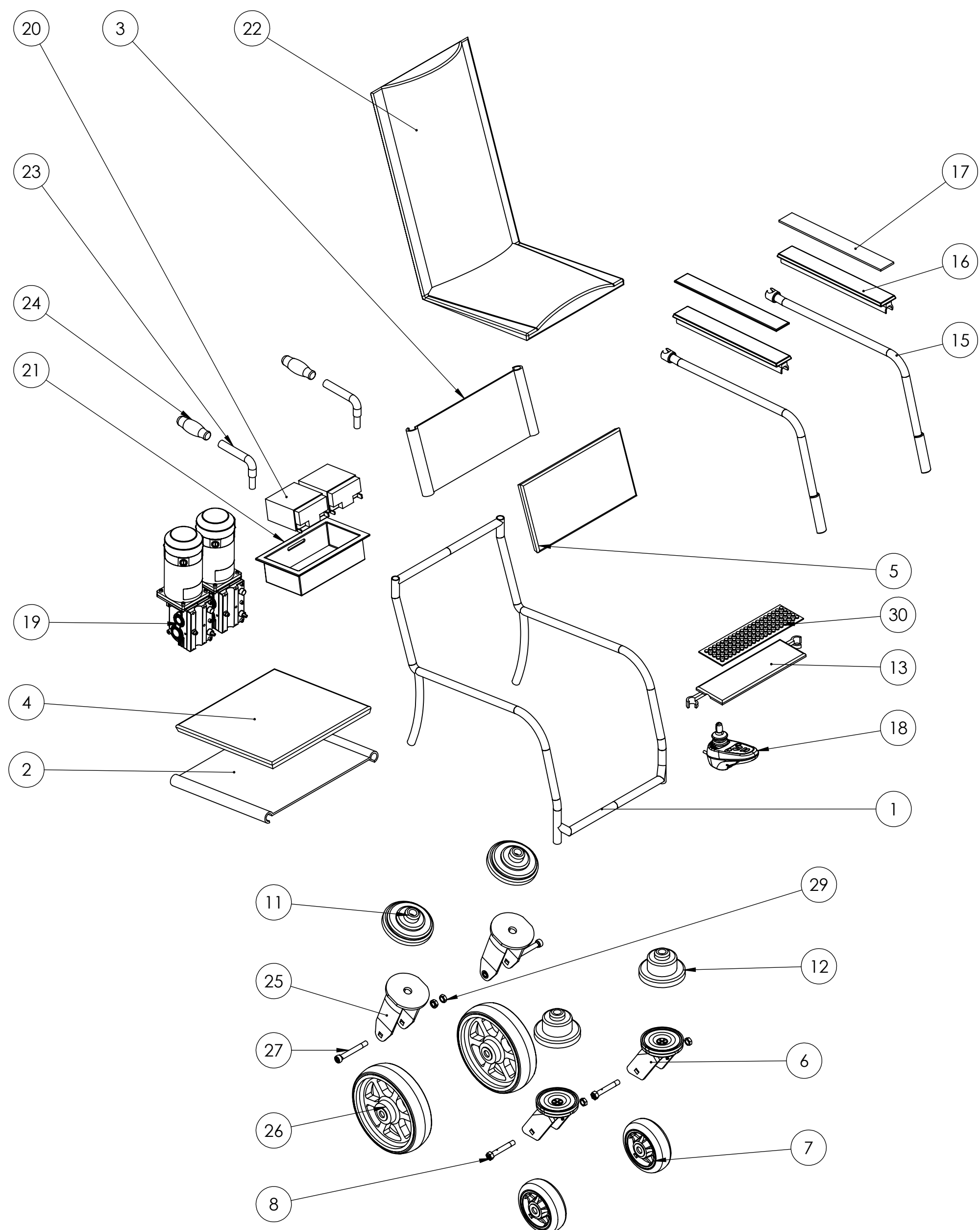
A4



		Mestrado em Engenharia Mecânica	
Design:		Universidade de Aveiro Departamento de Engenharia Mecânica	
34378			
Richard Daniel Carvalhais de Jesus			
MATERIAL:		DWG NO.	A4
PE - PEAD		Caixa de baterias	
		Cadeira para auxílio à mobilidade de pessoas seniores	
Peso: 412.31 gramas		ESCALA: 1:2	



Mestrado em Engenharia Mecânica		
Design:	34378	Universidade de Aveiro Departamento de Engenharia Mecânica
MATERIAL:	Richard Daniel Carvalhais de Jesus	
Peso:		DWG NO. Desenho Conjunto Cadeira para auxílio à mobilidade de pessoas seniores
		ESCALA: 1:10
		A2



ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	estrutura	Alumínio	1
2	assento	PE - PEAD	1
3	costas	PE - PEAD	1
4	conforto assento	Espuma	1
5	conforto costas	Espuma	1
6	6x2_HORNS(6 x 2)	Alumínio	2
7	6x2_38-41-65-91-98 WHEELS(98-6X2)	Borracha	2
8	6x2_BOLTS(9847-000)	Alumínio	2
9	6x2_Lock Washer	Alumínio	2
10	6x2_NUT	Alumínio	2
11	encaixe traseiro	Alumínio	2
12	encaixe frontal	Alumínio	2
13	posapes	PE - PEAD	1
14	conforto pes	Borracha	1
15	apoio de braços	Alumínio	2
16	encaixe - conforto braços	PE - PEAD	2
17	conforto braços	Espuma	2
18	Joystick	LINX LE	1
19	motor	Merits Motor Type M7	2
20	bateria	12V 26Ah sealed lead-acid	2
21	caixabateria	PE - PEAD	1
22	assentos modulares	Espuma	1
23	pega	Alumínio	2
24	pega conforto	Borracha	2
25	10Hx2 12_HORNS(10X2.5)	Alumínio	2
26	10Hx2 12_38-41-65-91-98 WHEELS(38-10X2.5)	Borracha	2
27	10Hx2 12_BOLTS(3423-B)	Alumínio	2
28	10Hx2 12_Lock Washer	Alumínio	2
29	10Hx2 12_NUT	Alumínio	2